



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi

«... jeg har skjønnet at det faktisk går an å bruke matte i naturfag» – En casestudie av matematisk modellering i naturfag på VG1

«... I've understood that it's actually possible to use maths in science» - A Case Study of Mathematical Modelling in Science Education on 1st Year Upper Secondary Students

Sivert Akselsen & Mikael Tobiassen

Lektorutdanning i realfag

Forord

Vi vil med dette forordet utveksle en felles takk for all støtten vi har fått under arbeidet med vår master. Først og fremst vil vi takke våre to fantastiske veiledere, Tonje Tomine Seland Strat og Margrethe Naalsund, som har motivert oss og kommet med konstruktive tilbakemeldinger rundt oppgaven. Vi vil spesielt trekke frem morgenmøtene med Tonje på mandager og diskusjoner om teori sammen med Margrethe, som særlig positive. I tillegg har fremdriftsplanen vi har satt i felleskap bidratt med en radig progresjon gjennom arbeidet.

Vi vil også rette en takk til medstudenter i skyttergraven for daglige diskusjoner og hyggelig samvær gjennom arbeidet med denne oppgaven. Dere vet selv hvem dere er og all ære til dere for å holde ut med oss.

Sivert vil spesielt trekke frem nær familie som alltid er støttende og gir rom for å koble av fra studier og “master-bobla”. Vil også rette en stor takk til gutta-krutt (Mats, Eivind og Mikael) på lektorstudiet. Uten dere hadde ikke studietiden vært den samme!

Mikael vil spesielt trekke frem nær familie og kjæreste som gjennom hele prosessen har vist interesse og forståelse for arbeidet, og som har holdt ut med meg mens jeg har vært i “master-bobla”. Ønsker å uttrekke en takk til “Rabalder” (gutta-krutt) for godt samvær og artige utflukter gjennom studietida.

Avslutningsvis må vi få takke hverandre for et fantastisk og velfungerende samarbeid. Vi vil trekke frem et sitat fra en av de største legendene innen lagidrett: *No individual can win a game by himself* - Pelé. Med cirka 130 dager bak oss, og cirka 80 liter kaffe, er vi nå endelig i mål. Vi går sammen ut fra NMBU som vinnere!

Sivert Akselsen og Mikael Tobiassen, mai 2023.

Sammendrag

Skolen har som oppdrag å utdanne mennesker som skal møte en fremtid under stadig endring. For å lykkes med en slik oppgave vil fremtidens borgere ha bruk for det man i samtiden kaller ferdigheter for det 21. århundret. Enkelte av disse ferdighetene kan trenes ved bruk av matematisk modellering, noe LK20 prøver å legge opp til. Vi har i denne studien valgt å undersøke om elevenes modelleringskompetanse har noe å si for deres opplevde forståelse av naturfagfenomenet halveringstid og hvilke holdninger elevene uttrykker etter et slikt opplegg. Studien har tatt form som en integrert enkeltcase studie, der vi har undersøkt elevgruppers modelleringskompetanse og enkeltelevers opplevde forståelse og uttrykte holdninger. Gjennom konstruksjon og bearbeidelse av et undervisningsopplegg, har vi utført en undervisning i en naturfagklasse på VG1, med 20 elever til stede, over to økter. Elevene har arbeidet i grupper og levert inn et elevprodukt, som har blitt analysert gjennom et videreutviklet analyseverktøy, tilpasset matematisk modellering i naturfag, som brukes til å vurdere elevenes modelleringskompetanse. I slutten av den siste økten har elevene besvart et semistrukturert spørreskjema, som er blitt analysert statistisk og med en induktiv innholdsanalyse, og danner datagrunnlaget for forståelsen og holdningene elevene uttrykker. Gjennom studien finner vi at elevenes modelleringskompetanse har en innvirkning på den opplevde forståelsen elevene uttrykker. Den delkompetansen i modelleringssyklusen det kan virke som har størst innvirkning på elevenes opplevde forståelse er å jobbe med matematikken og inneha den matematiske forståelsen som skal til for å oppnå nivået *utøvende modelleringskompetanse*. I tillegg finner vi at elevene uttrykker en generell positiv holdning i klassen mot en matematisk modelleringsaktivitet. De fleste elevene rapporterer at de opplever matematikken som nyttig og at de hadde en positiv opplevelse av aktiviteten. I diskusjonen finner vi flere uttrykte problemer elevene opplevde under undervisningsopplegget, som knyttes til ferdigheter elevene skal inneha ifølge LK20 – deriblant ferdigheter knyttet til programmering. Vi konkluderer med at det bør utøves videre forskning på området matematisk modellering i naturfag, særlig med tanke på at fremtidige elever vil ha andre forkunnskaper tilknyttet modellering ved kun å ha hatt LK20 som sin læreplan.

Abstract

The primary objective of educational institutions is to educate people to possess the skills required to handle a future in constant change. To succeed in such a task, future citizens will require what is known as *the skills of the 21st century*. Some of these skills can be exercised through mathematical modelling, which the new Norwegian curriculum *Kunnskapsløftet 2020* attempts to facilitate. In our study, we've chosen to examine if there's a connection between students' modelling competency and their expressed understanding of the scientific phenomenon *half-life*, and the expressed attitudes by these students, towards a mathematical modelling activity. Our study is designed as an integrated single case study, where we've assessed the modelling competency of the groups the students collaborated in, and the understanding and attitude expressed by the individual students. The teaching lessons occurred in an upper secondary science classroom, with 20 students attending in two sessions. The students worked in groups and delivered their modelling work, which has been analyzed through an analytic tool, adjusted to mathematical modelling in science. The tool has been utilized to assess the groups' modelling competency. At the end of the last lesson, the students were asked to answer a semi-structured survey. Some of the data has been analyzed statistically and other data has been analyzed through an inductive content analysis, which creates the foundation of the data material of the students' expressed understanding and attitudes. Throughout our study, we find students' modelling competency has an impact on their expressed understanding. Students tend to express greater understanding when they have achieved the sub-competency that is related to working with mathematics and possess the mathematical understanding required to achieve the level *utøvende modelleringskompetanse*. We find that our students, in general, express a positive attitude towards such a learning activity. Most report that they find mathematics useful, and that the activity was a positive experience. Further we find that students tend to experience different problems related to this learning activity, that are related to skills in the new curriculum currently not fostered in students at upper secondary school – such as programming skills. We conclude our study by suggesting other areas for future research on mathematical modelling in science education. A point of interest for further study should be to study future students who should possess the necessary knowledge emphasized by the new curriculum.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag	II
Abstract.....	III
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn og forskningsspørsmål.....	1
1.2 Strukturen på oppgaven.....	5
2. Teoretisk rammeverk	6
2.1 Matematisk modellering.....	6
2.2 Modelleringskompetanse	10
2.3 Affekt og holdning	15
3. Hva finnes av tidligere forskning?.....	20
3.1 Tidligere forskning på matematisk modellering i klasserommet	20
3.2 Tidligere forskning på holdninger til matematisk modellering.....	23
4. Metode	28
4.1 Forskningstilnærming	28
4.2 Utvalg.....	30
4.3 Undervisningsopplegg.....	32
4.3.1 Planlegging og beskrivelse av undervisningsopplegg	32
4.3.2 utfordringer og tiltak ved gjennomføring av undervisningsopplegget	34
4.4 Datainnsamling.....	35
4.4.1 Elevprodukter	35
4.4.2 Spørreskjema	36
4.4.3 Logger etter undervisningsøkter	37
4.5 Analysemetoder.....	38
4.5.1 Analyse av elevprodukter	38
4.5.2 Analyse av spørreskjema	41
4.6 Reliabilitet og validitet	44
4.6.1 Reliabilitet	44
4.6.2 Indre validitet.....	46

4.6.3 Ytre validitet	47
4.7 Forskningsetikk	47
5. Resultat	49
5.1 Modelleringskompetanse og opplevd forståelse	49
5.1.1 Modelleringskompetanse	49
5.1.2 Elevenes opplevde forståelse	55
5.2 Holdninger til matematisk modellering i naturfag	60
5.2.1 Elevenes rapporterte holdninger og opplevelser	60
5.2.2 Nytteperspektiv og elevenes opplevelse av aktiviteten	64
6. Diskusjon	67
6.1 Elevenes modelleringskompetanse og deres opplevde forståelse	67
6.2 Elevenes holdninger til den matematiske modelleringsaktiviteten	71
6.3 Metodediskusjon - Styrker og svakheter ved studien.....	76
7. Konklusjon og avsluttende refleksjoner.....	83
Referanser	86
Vedlegg	92
Vedlegg 1 Oversikt over litteraturen i litteraturgjennomgangen	92
Vedlegg 2 Mal for elevprodukter	93
Vedlegg 3 Oppbygningen av spørreskjemaet.....	96
Vedlegg 4 Utklipp av godkjenning fra NSD.....	100
Vedlegg 5 Informasjonsskriv og samtykkeerklæring som ble utdelt til elevene	101
Vedlegg 6 Mikael's logg etter de to undervisningsøktene	105
Vedlegg 7 Siverts logg etter de to undervisningsøktene	110

Figuroversikt

Figur 1: En illustrasjon av syv-trinns-modellen presentert av Blum og Leiß.....	6
Figur 2: Vår kopi av modellen til Blomhøj og Jensen	8
Figur 3: En modell av naturvitenskapelig-matematisk modelleringskretsloop	9
Figur 4: Tilnærminger til å arbeide med modeller / modellering i naturfagundervisning.	11
Figur 5: Kobling mellom modelleringssyklus og -kompetansenivå.	14
Figur 6: Tetraedermodell som avbilder affektens dimensjoner	17
Figur 7: Tredimensjonal modell av holdning.....	18
Figur 8: Kjønnfordeling i klassen.....	30
Figur 9: Oppnådd måloppnåelse blant elevene i matematikk.	31
Figur 10: Antall tidligere modelleringserfaringer blant elevene.....	31
Figur 11: Oversikt over begrepskartet tilknyttet opplevd forståelse.....	42
Figur 12: Oversikt over begrepskartet tilknyttet holdninger.....	43
Figur 13: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 5.	51
Figur 14: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 6.	52
Figur 15: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 1.	53
Figur 16: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 4.	54
Figur 17: Boxplot av elevenes svar fra påstandene som handlet om kategorien “forståelse”.	56
Figur 18: Boxplot av elevenes rapporterte tanker / holdninger til modelleringsopplegget.	61
Figur 19: Boxplot av elevenes rapporterte opplevelser rundt modelleringsaktiviteten.	63

Tabelloversikt

Tabell 1: Nivåer over modelleringskompetanse	40
Tabell 2: Oversettelse av svaralternativer til tallverdi.	41
Tabell 3: Tabelloversikt over de ulike elevgruppers matematiske modelleringskompetanse	50
Tabell 4: Elevenes besvarelser på de fem første påstandene	55
Tabell 5: Oversikt over koder til kategorien “mestring”.	58
Tabell 6: Eksempler på sitater fra spørreskjemaet, i kategorien “mestring”.	58
Tabell 7: Elevenes besvarelser på påstandsspørsmål 6-14	60
Tabell 8: Oversikt over kodene til kategorien “nytteverdi”.....	64
Tabell 9: Eksempler på sitater fra spørreskjemaet, i kategorien “nytteverdi”.	65
Tabell 10: Oversikt over kodene til kategorien “opplevelse av aktiviteten”.	65
Tabell 11: Eksempler på sitater fra spørreskjemaet, i kategorien “opplevelse av aktiviteten”.....	66

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og forskningsspørsmål

I et internasjonalt perspektiv har skolen en viktig rolle for å utdanne mennesker som skal håndtere fremtiden. Et av de mest omtalte temaene i internasjonal utdanning det siste tiåret er de såkalte ferdighetene for det 21. århundre (Geisinger, 2016). Ferdighetene for det 21. århundre skal forberede elevene på å være effektive arbeidere og borgere i det 21. århundrets kunnskapssamfunn, og inkluderer ferdigheter som: kritisk tenkning, utforskning, kreativitet, problemløsning, samarbeid, ansvarstaking og evne til å ta valg (Ananiadou & Claro, 2009). Blum og Ferri (2009) trekker paralleller mellom enkelte av disse ferdighetene og matematisk modellering der de påstår at det å utvikle elevenes modelleringskompetanse forbereder elevene på å være deltakende i samfunnet og å bli ansvarlige borgere. Med modelleringskompetanse menes elevenes evne til å konstruere modeller ved å fullføre ulike steg som vil bli beskrevet nærmere i kapittel 2.

Blum og Ferri (2009) ser en tendens til at flere land inkluderer matematisk modellering i læreplanene, noe vi også ser i Norge. Sammenligner vi Kunnskapsløftet (LK06) med Fagfornyelsen (LK20) kan vi se at begrepene modell og modellering blir benyttet sjeldnere i fagene naturfag og matematikk i LK06 sammenliknet med LK20. Berget og Bolstad (2019) har undersøkt læreplanene i matematikk fellesfag for innhold av modellering og finner et økt fokus på matematisk modellering i de nye læreplanene. Ved å sammenlikne kompetansemålene i naturfag i LK06 med LK20 for videregående elever på studieforbereende, ser vi at ordet *modell*, eller en variant av ordet, er nevnt tre ganger blant kompetansemålene til faget i LK06 (Kunnskapsdepartementet, 2013), men er nevnt 11 ganger blant kompetansemålene til faget i LK20 (Kunnskapsdepartementet, 2019c).

Dersom vi undersøker læreplanen i naturfag og ser på utviklingen fra barneskole til videregående ser vi en tydelig progresjon rundt det å arbeide med modeller. I kompetansemålene fra 4. og 7. trinn finnes kompetansemål som omhandler det å bruke modeller (Kunnskapsdepartementet, 2019c), mens etter 10. trinn handler kompetansemålene også om å lage modeller. I læreplanen til både naturfag og matematikk for VG1, finnes det både kompetansemål og kjerneelementer som omhandler modellering. Det tredje kompetansemålet i naturfag sier at elevene skal kunne “drøfte hvordan utvikling av naturvitenskapelige hypoteser, modeller og teorier bidrar til at vi kan forstå

og forklare verden” (s. 11). Under kjerneelementer i naturfag står det at elever kan benytte modeller til å løse utfordringer i faget som kan utvikle skaperglede og bidra til en forståelse av teori i naturfag. Et kjerneelement i matematikk 1P og 1T er *modellering og anvendelser*, der det står at modellering handler om å lage og kritisk vurdere modeller i matematikk som beskriver dagliglivet, arbeidslivet og samfunnet ellers (Kunnskapsdepartementet, 2019a; Kunnskapsdepartementet, 2019b). De utvalgte utdragene presentert fra læreplanene på VG1, viser oss at det skal være et stort fokus på modellering i undervisningen av matematikk og naturfag.

Med bakgrunn i et økt fokus på modellering i læreplanene burde det bety at en slik undervisning er hensiktsmessig. Niss (2015) beskriver formålet med matematisk modellering ved at det klassisk sett handler om å fange opp, representere, forstå eller analysere eksisterende ekstramatematiske fenomener, situasjoner eller domener, vanligvis for å svare på praktiske, intellektuelle eller vitenskapelige spørsmål. Oh og Oh (2011) har i deres litteraturstudie funnet at å involvere elever i modelleringsaktiviteter kan bedre naturfagslæringen på grunnskolen og videregående skole, ved at elevlæring skjer gjennom utforskning, uttrykk, konstruksjon, anvendelse og revidering av modeller. De nevnte artiklene presenterer noen begrunnelser for hvorfor modellering (både i matematikk og naturfag) bør inkluderes i undervisning. Det er likevel viktig å bemerke at vår opprømsing fra Niss (2015) og Oh og Oh (2011) over fordelene med en modelleringsbasert undervisning er snever, og at vi vil presentere noen fordeler og utfordringer ved en slik undervisning senere i kapittel 2 og 3.

Fra tidligere praksisperioder og vår egen skolegang har undervisning i naturfag og matematikk ofte vært preget av tavleundervisning, der læreren gjennomgår noen temaer og elevene jobber med oppgaver i etterkant. Vi ser dermed på modellering som en mulighet til å utvikle vår undervisningspraksis. Gjennom en modelleringsbasert undervisning får elevene være delaktige i utviklingen av egen forståelse og arbeide på en tilsvarende måte som forskere jobber (Pajchel et al., 2019b). Vi har selv erfart matematikkens tilknytning til naturfag gjennom studier ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), der vi har spesialisering i henholdsvis kjemi, og biologi. I praksisperioder har vi derimot opplevd at enkelte elever er negative til inkluderingen av matematikk i naturfag, og at elevene kommer med utsagn som: “Hvorfor skal vi egentlig lære om dette?”.

Schukajlow et al. (2018) har gjennom en litteraturstudie funnet at majoriteten av forskning på matematisk modellering fokuserer på kognitive aspekter. Boken *Affect in mathematical modeling* kom nærmest som et svar på den nevnte litteraturstudien, men likevel poengterer Blomhøj (2019) at det ikke er gjort mye forskning på affektive aspekter ved undervisning og læring av matematisk modellering. Siden det er gjort lite forskning på det affektive området tilknyttet matematisk modellering, vil vi gjennom vårt masterprosjekt bidra på dette feltet, der vi i vårt masterprosjekt vil bruke matematisk modellering i en naturfagssammenheng.

Med et undervisningsopplegg som baserer seg på matematisk modellering i naturfag ønsker vi å etablere en bro for elevene mellom fagene matematikk og naturfag, slik at de kan oppleve en relevans mellom fagene. Vi ønsker i vårt masterprosjekt å undersøke elevenes modelleringskompetanse, da vi er interessert i å studere om det er en kobling mellom elevenes modelleringskompetanse og deres opplevde forståelse av naturfagsfenomenet som utforskes i modelleringsaktiviteten. Elevenes modelleringskompetanse er et viktig aspekt å studere i sammenheng med elevenes opplevde forståelse, da vi kan undersøke om elever som er dyktige til å modellere opplever større forståelse av naturfagsfenomenet. I litteraturen fremgår det at matematisk modellering blant annet skal hjelpe elever med å forstå verden bedre (Blum & Ferri, 2009). Forståelse av verden som det blir beskrevet i litteraturen, kan trekkes mot forståelse av naturfagsfenomener. Det vi da lurer på er om dyktige modellerere opplever en bedre forståelse av naturfagsfenomener enn udyktige. Dersom dyktige modellerere opplever bedre forståelse, vil det være en god ide å trene modelleringskompetansen til elever slik den nye læreplanen legger opp til. Ved å se på elevenes modelleringskompetanse tilknyttet deres opplevde forståelse kan vi finne ut om elevene opplever et utbytte av modelleringsaktiviteten. I tillegg ønsker vi å undersøke hvilke holdninger elevene har til et slikt undervisningsopplegg, da vi ikke har mye kunnskap på forhånd om hvilke holdninger elevene uttrykker til et slikt opplegg. Dessuten ser vi det som en mulighet til å bidra med forskning på det affektive aspektet rundt matematisk modellering. Vi begrunner valget av å se på holdninger ut ifra et ønske om å finne ut hva elevene synes om matematisk modellering. Det er tross alt elevene som skal undervises og det er interessant om elevene setter pris på en slik undervisningsform. En slik kunnskap er svært relevant for lærere som skal undervise etter LK20 med et økt fokus på modellering. Våre forskningsspørsmål er:

Hvordan samsvarer elevenes modelleringskompetanse med deres opplevde forståelse av naturfagsfenomenet etter en matematisk modelleringsaktivitet i naturfag?

Hvilke holdninger kommer til uttrykk hos elevene når de jobber med matematisk modellering i naturfag?

Med elevenes opplevde forståelse mener vi den forståelsen elevene selv uttrykker å sitte igjen med etter aktiviteten.

1.2 Strukturen på oppgaven

Kapittel 1. Innledning: I innledningen drøfter vi bakgrunnen for valg av temaet matematisk modellering og knytter temaet til LK20. Videre blir enkelte begreper tilknyttet vårt forskningsspørsmål definert kort, etterfulgt av forskningsspørsmålene for studien.

Kapittel 2. Teoretisk rammeverk: I kapitlet om vårt teoretiske rammeverk defineres de mest sentrale begrepene som benyttes i denne oppgaven: *matematisk modellering*, *modelleringskompetanse*, *affekt og holdninger*. I tillegg vil vi presenterer ulike rammeverk tilknyttet begrepene og forklare vårt ståsted blant disse.

Kapittel 3. Hva finnes av tidligere forskning?: I dette kapitlet presenteres et utvalg av tidligere forskning tilknyttet matematisk modellering og holdninger til matematisk modellering.

Kapittel 4. Metode: I metodekapitlet begrunnes valg av forskningstilnærming benyttet i denne studien. Videre presenteres utvalget og gjennomføringen av undervisningsopplegget som er blitt gjennomført. Deretter begrunnes valg av datainnsamlingsmetoder og analysemetoder og vi forklarer hvordan vi har analysert dataene. Til slutt vil reliabilitet og validitet ved studien presenteres i tillegg til forskningsetikk tilknyttet datainnsamling og databehandling.

Kapittel 5. Resultater: I resultatkapitlet presenteres resultater som er av relevans for våre forskningsspørsmål. Vårt datamateriale vil bli presentert i form av ferdig analysert tallmateriale og tabeller med oversikt over utvalgte sitater.

Kapittel 6. Diskusjon: I diskusjonskapitlet drøftes resultatene presentert i resultatkapitlet opp mot relevant teori fra kapittel 2 og 3. Videre vil vi gjennomføre en metodisk diskusjon, der vi diskuterer validiteten og reliabiliteten på metodene vi har benyttet.

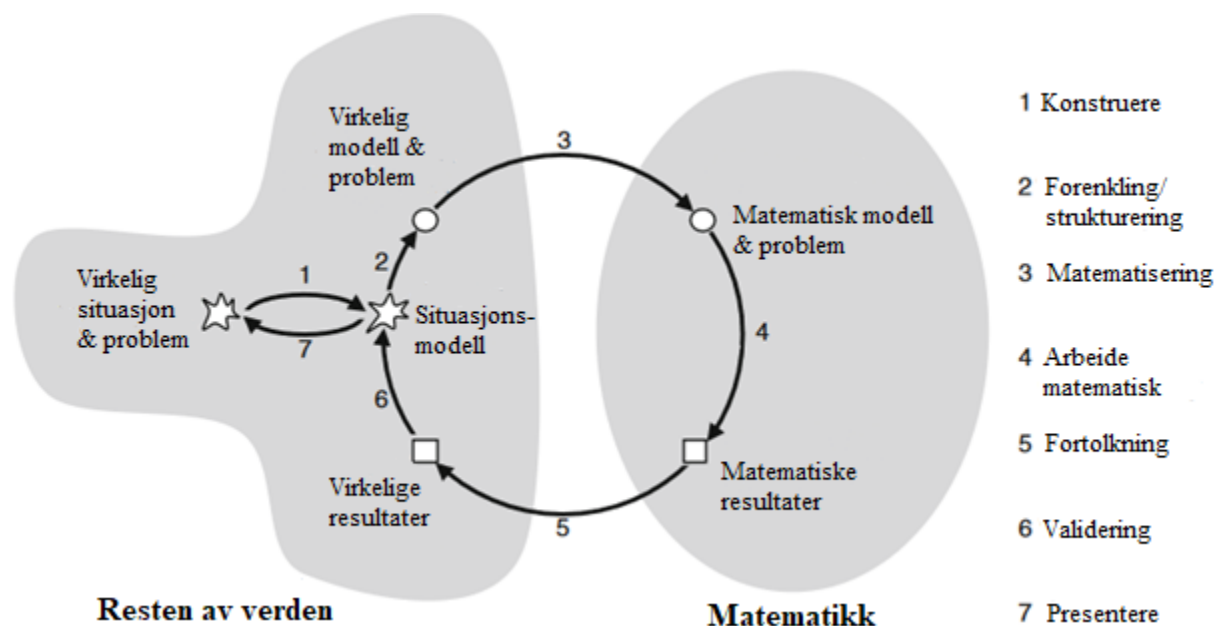
Kapittel 7. Konklusjon og avsluttende refleksjoner: I konklusjonen presenteres sentrale funn fra denne studien, og vi vil ta opp veien videre i fremtidig forskning på dette feltet.

2. Teoretisk rammeverk

I dette kapittelet defineres sentrale begreper benyttet i denne oppgaven som: *matematisk modellering*, *modelleringskompetanse*, *affekt* og *holdninger*. Vi vil ta for oss begrepene i lys av forskjellige perspektiver, og knytte begrepene til både matematikk- og naturfagundervisning. Videre vil vi presentere ulike rammeverk tilknyttet begrepene og forklare vårt ståsted blant disse. Ytterligere gjennomgang av sentrale aspekter ved begrepene som drøftes i eksisterende forskning tas opp i kapittel 3.

2.1 Matematisk modellering

Begrepet matematisk modellering blir i forskningslitteraturen definert på forskjellige måter. Det som ofte går igjen er at det handler om oversettelser fra den virkelige verden til matematikk (Blum & Ferri, 2009; Kaiser, 2007; Maaß, 2007). Det finnes mange modeller over matematisk modellering (Blum, 2015). I denne oppgaven velger vi å presentere tre ulike modeller, der to er mye brukt i litteraturen, og en er mindre kjent, for å vise mangfoldet av representasjoner og samtidig likhetene vi finner mellom modellene. Den første modellen er konstruert av Blum og Leiß (2007) som tar utgangspunkt i en syklisk modell med syv trinn; presentert i figur 1, for å definere prosessen matematisk modellering.

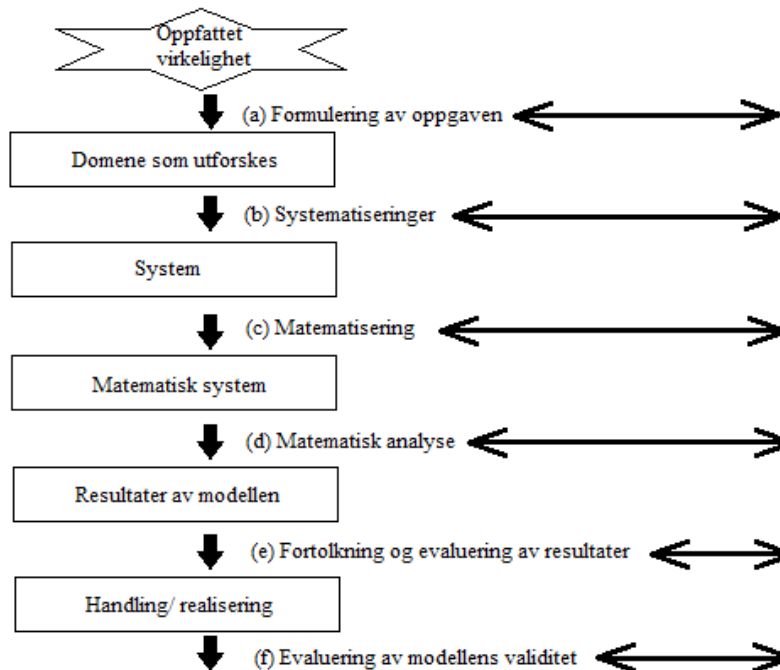


Figur 1: En illustrasjon av syv-trinns-modellen presentert av Blum og Leiß (2007, s. 225) (Vår oversettelse)

Modellen baserer seg på å dele personen som løser modelleringsoppgaven i to verdener; den virkelige og den matematiske. De syv trinnene er nummerert, men forfatterne skriver at gjennomføringen av en modelleringssyklus ikke nødvendigvis vil forekomme i denne rekkefølgen. Det første trinnet innebærer å forstå problemet – det forfatterne kaller å lage en situasjonsmodell – for eksempel en illustrativ figur av situasjonen (trinn 1). Videre må denne situasjonsmodellen forenkles, slik at problemløseren kan arbeide med det forfatterne kaller et virkelig problem (trinn 2). For å kunne jobbe med problemet må problemløseren matematisere problemet, altså oversette det virkelige problemet over til et matematisk problem som kan løses ved å bruke matematikk (trinn 3). Når problemløseren arbeider matematisk med det matematiske problemet får vedkommende matematiske resultater (trinn 4), og resultatene må videre tolkes og bli forstått i den virkelige verden (trinn 5). Resultatene problemløseren har fått i den virkelige verden må valideres – problemløseren må avgjøre om resultatene gir mening i sammenhengen med problemet (trinn 6). Om de virkelige resultatene passer bra med det virkelige problemet kan løsningen på problemet bli presentert, hvis ikke kan problemløseren gå gjennom modelleringssyklusen i en eller flere ganger til for å forbedre modellen (trinn 7).

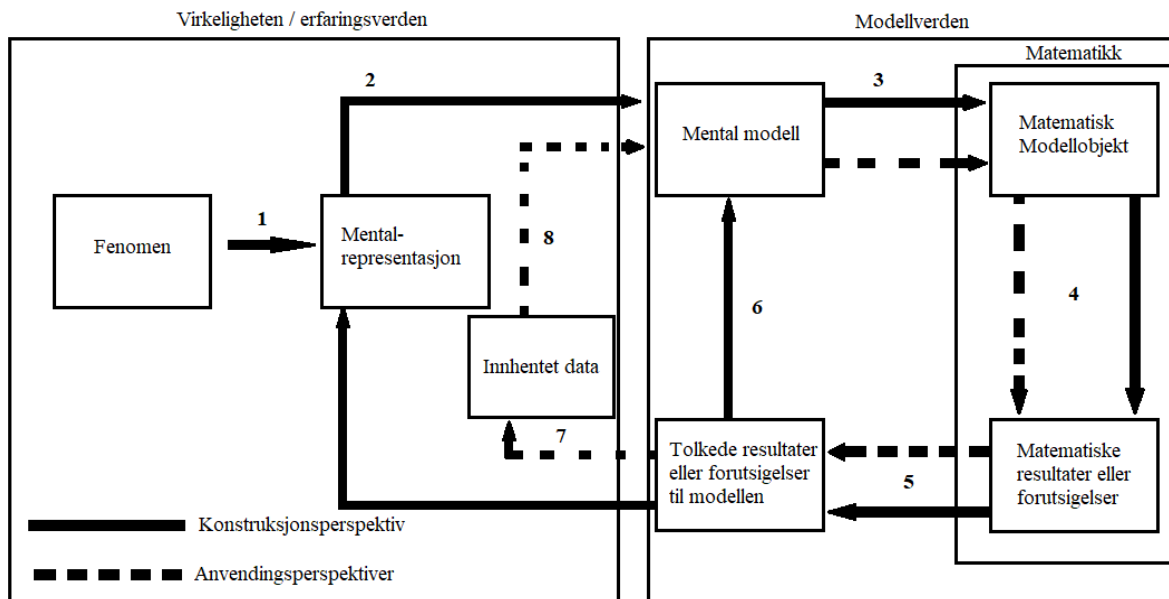
Den andre modellen er laget av Blomhøj og Jensen (2003), som definerer matematisk modellering ved at vedkommende må arbeide seg gjennom hele prosessen slik den er illustrert (se figur 2). De påpeker i likhet med Blum og Leiß (2007) at det ikke nødvendigvis er en fastsatt vei for å jobbe seg gjennom modelleringsprosessen, men at noen må gjennom enkelte eller alle delprosessene i modelleringssyklusen flere ganger (illustrert med piler og strek til høyre for delkompetansene i figur 2). Til den første delprosessen mener Blomhøj og Jensen (2003) at en *formulering av oppgaven* snevrer inn den oppfattede virkeligheten. Denne innsnevringen leder til utforskning på området (domenene) for å få bedre kjennskap til mulige faktorer som kan ha innvirkning på svaret til oppgaven. Modelleringen går deretter til *systematisering*, som omhandler å plukke ut det som er relevant fra området man ser på – forenkle, slik at man kan få et system av forhold og objekter som kan behandles. Videre vil en *matematisering* forekomme, der man oversetter det systemet man har dannet, over til en matematisk form slik at man får et matematisk system. Deretter bearbeides det matematiske systemet (*matematisk analyse*), slik at man får matematiske resultater av modellen man har dannet. De matematiske resultatene fra modellen blir så fortolket og sett i lys av virkeligheten for å støtte en handling eller en konklusjon (*fortolkning og evaluering av resultater*). Til slutt gjennomføres en *evaluering av*

modellens validitet ut ifra modellens egnethet, basert på observasjoner eller forutsigelsene modellen gir.



Figur 2: Vår kopi av modellen til Blomhøj og Jensen (2003, s. 125) (Vår oversettelse)

Den siste, og litt mindre kjente modellen er konstruert av Meister og Upmeier zu Belzen (2018). De integrerer modellering fra naturvitenskapen, matematisk modellering og funksjonell tenkning, som går på å tyde forskjellige representasjonsformer (se figur 3). Vi velger å trekke frem denne modellen da forfatterne velger en litt annen inndeling og knytter matematisk modellering til naturfag mer eksplisitt. Forfatterne har på lik linje med Blum og Leiß (2007) valgt å skille modellering inn i to verdener, men i stedet for den virkelige verden og matematikkverden skiller Meister og Upmeier zu Belzen (2018) på den virkelige verden og modellverden, der de inkluderer matematikk innenfor modellverden.



Figur 3: En modell av naturvitenskapelig-matematisk modelleringskretsloop (Meister & Upmeier zu Belzen, 2018, s. 97) 1) Oppfatning av fenomenet, 2) Aktivering av opplevelser, 3) Matematisere, 4) Benytte matematikken, 5) Tolke, 6) Validere, 7) Utføre vitenskapelig undersøkelse, 8) Endre eller beholde modellen. (Vår oversettelse)

Som man kan se, er det en del fellestrekk ved de tre representerte modellene for matematisk modellering. Generelt starter modelleringsprosessen med et fenomen fra den virkelige verden, som deretter må forstås og forenkles for å kunne jobbe videre med problemet. Deretter følger en oversettelse av fenomenet fra virkeligheten over til en matematisk verden, der man danner en modell som skal forklare eller forutsi noe ved problemet. Modellen som er dannet avgir matematiske resultater som må overføres til virkeligheten og tolkes opp mot det opprinnelige fenomenet. Når det er gjort vil modellen vurderes basert på hvor gyldige resultater den kan produsere. Dersom den ikke tilfredsstillende behovene man har for modellen, vil det være aktuelt å arbeide seg gjennom hele eller enkelte deler av den matematiske modelleringsprosessen på nytt.

Vi velger i vår oppgave å basere oss på modellen til Blum og Leiß (2007), da de har valgt å separere den virkelige og den matematiske verden mer eksplisitt, noe Blomhøj og Jensen (2003) velger å ikke gjøre i sin modell. Vi anser et slikt skille som viktig da vi gjennom bruk av matematisk modellering i naturfag forholder oss i en naturfaglig sammenheng, men bearbejder aspekter ved denne sammenhengen i et matematisk perspektiv. Begrunnelsen for at vi ikke velger å gå videre med modellen til Meister og Upmeier zu Belzen (2018) er at den er såpass ny og at den ikke er nevnt mye i eksisterende litteratur. Dessuten ser vi at forfatterne har tatt stor inspirasjon fra modellen til Blum og Leiß (2007) ved å sammenligne overgangene i de to

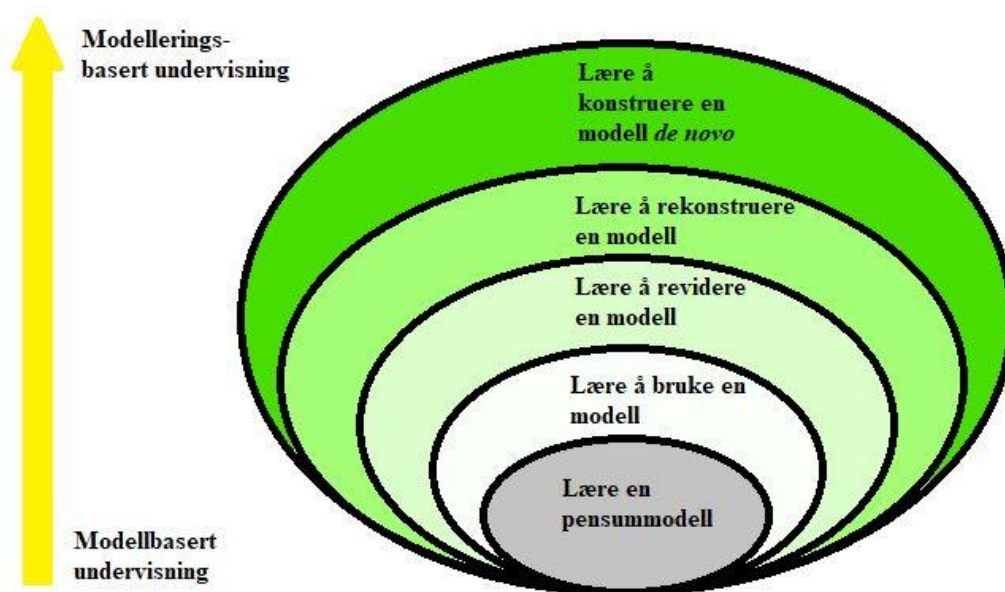
fremstillingene av modelleringsprosessen og vi føler modellen presentert i figur 1 er mer oversiktlig. Modellen og artikkelen til Meister og Upmeier zu Belzen (2018) er likevel en god indikasjon på at det er mulig å bruke modellen til Blum og Leiß (2007) også i en naturfagssammenheng.

2.2 Modelleringskompetanse

Blum (2015) skriver at kompetanse rent kognitivt, er et individs evne til å gjennomføre en viss handling på en veltenkt måte. Når det gjelder synet på modelleringskompetanse trekker Kaiser (2007) frem at begrepet modelleringskompetanse ikke utelukkende handler om en evne til å lage modeller, men at det i tillegg omhandler personens villighet til å utarbeide problemer med matematikk tatt fra den virkelige verden. Mer konkret trekker hun frem delkompetanser knyttet til den matematiske modelleringssyklusen, som blant annet innebærer: kompetanser for å forstå problemer fra den virkelige verden og å lage en virkelighetsmodell, i tillegg til kompetanser for å lage matematiske modeller fra en virkelighetsmodell. Til sammenlikning skriver Blomhøj og Jensen (2003) at det med matematisk modelleringskompetanse menes at man klarer selvstyr og innsiktsfullt å gjennomføre alle aspekter ved den matematiske modelleringssyklusen i en gitt sammenheng. Med dette mener forfatterne at man klarer å jobbe seg gjennom alle delprosessene i modellen som de presenterer (figur 2). Tilsvarende definerer Blum og Ferri (2009) modelleringskompetanse som evnen til å konstruere modeller ved å utføre de ulike trinnene i modelleringssyklusen (figur 1) på riktig måte, i tillegg til å analysere eller sammenlikne gitte modeller.

Modelleringskompetansebegrepet som det blir definert i avsnittet over, krever en modelleringsbasert undervisningsform. I naturfag ser vi som beskrevet i innledningen en progresjon gjennom læreplanen, der elevene på barnetrinnet starter med modellbasert undervisning, mens man på ungdomstrinnet og videregående går over til modelleringsbasert undervisning (Kunnskapsdepartementet, 2019c). I modellbasert undervisning lærer elevene om og bruker modeller, mens i modelleringsbasert undervisning skal elevene lage eller rekonstruere modeller. Progresjonen fra modellbasert til modelleringsbasert undervisning kan illustreres med figuren presentert i Pajchel et al. (2019b), som tar for seg ulike tilnæringer til arbeid med modeller og modellering (se figur 4). I de to innerste sirklene er fokuset på å lære fagets innhold og bruke modeller til å forklare det faglige innholdet som finnes i kompetansemålene i naturfag

etter 7. trinn (Kunnskapsdepartementet, 2019c). I den tredje og fjerde sirkelen er fokuset på å kunne endre og gjenskape modeller, der nye modeller kan beskrive ukjente detaljer av fenomener (Pajchel et al., 2019b), og sammen med de to første sirklene utgjør dette kompetansemål i naturfag etter 10. trinn (Kunnskapsdepartementet, 2019c). I den siste sirkelen er fokuset på å lære å konstruere modeller *de novo*, som betyr at elevene skal lage modellene fra grunnen av (Pajchel et al., 2019b), og totalt utgjør de fem sirklene kompetansemålet som omhandler modellering i naturfag etter videregående (Kunnskapsdepartementet, 2019c).



Figur 4: Tilnæringer til å arbeide med modeller / modellering i naturfagundervisning. (Gilbert & Justi, 2016a, s. 62, sitert i Pajchel et al., 2019b, s. 156)

Ifølge Michelsen (2017) spiller matematikk en avgjørende rolle i naturvitenskapens disipliner: fysikk, kjemi og biologi. Han påstår at denne rollen hovedsakelig oppnås ved å arbeide med matematisk modellering. Vi ser en tett tilknytning mellom naturfag og modelleringskompetansebegrepet i læreplanen til naturfag på videregående der en av de grunnleggende ferdighetene i naturfag er det å kunne regne. Beskrivelsen av regneferdighetene som presenteres i læreplanen minner veldig om modelleringskompetansebegrepet, som presentert i dette delkapittelet, da det å kunne regne i naturfag blant annet innebærer at elevene skal kunne innhente, bearbeide og fremstille relevant tallmateriale, samt å lage avanserte fremstillinger og argumentere for om beregninger, resultater og framstillinger er gyldige eller ikke (Kunnskapsdepartementet, 2019c).

Flere forfattere kobler matematisk modellering til naturfaglige disipliner. Redish (2017) setter søkelys på matematisk modellering i fysikk der han påstår at matematikk, i en fysikksammenheng, blir brukt til å skape mening til fysiske fenomener. Tilsvarende gjør Angell et al. (2011) der de skriver om modeller og modellering i fysikkundervisning. Det trekkes her frem at et hovedmål med fysikk er å lage matematiske modeller som tillater både forutsigelser og forklaringer av fysiske fenomener (Angell et al., 2011; Redish, 2017). Ifølge Angell et al. (2011, s. 199 – 200) dreier det å arbeide med fysikk seg i økende grad om å utvikle, teste og bruke modeller, og de skriver videre:

... modellering i skolesammenheng kan baseres på at eleven lager matematiske modeller knyttet til et helt spesifikt fenomen ved å bruke etablert og kjent teori. I modelleringsprosessen må elevene identifisere relevante variabler basert på teori, og dernest bruke eksperimenter og matematisk verktøy til å bestemme sammenhengen mellom dem.

Sett i et biologiperspektiv definerer Upmeier zu Belzen og Krüger (2010) modelleringskompetanse med at det inkluderer: evnen til å få innsikt i biologiske temaer gjennom modeller, evnen til å bedømme modeller og prosessen med modellering, evnen til å reflektere over prosessen, i tillegg til viljen til å bruke disse evnene i problembaserte situasjoner. Med bakgrunn i beskrivelsene over og påstanden til Pajchel et al. (2019a, s. 179) om at “modellering i naturfag som regel er matematisk ...”, baserer vi vår definisjon av modelleringskompetanse på elevenes evne til å gjennomføre trinnene i den matematiske modelleringssyklusen, presentert i figur 1.

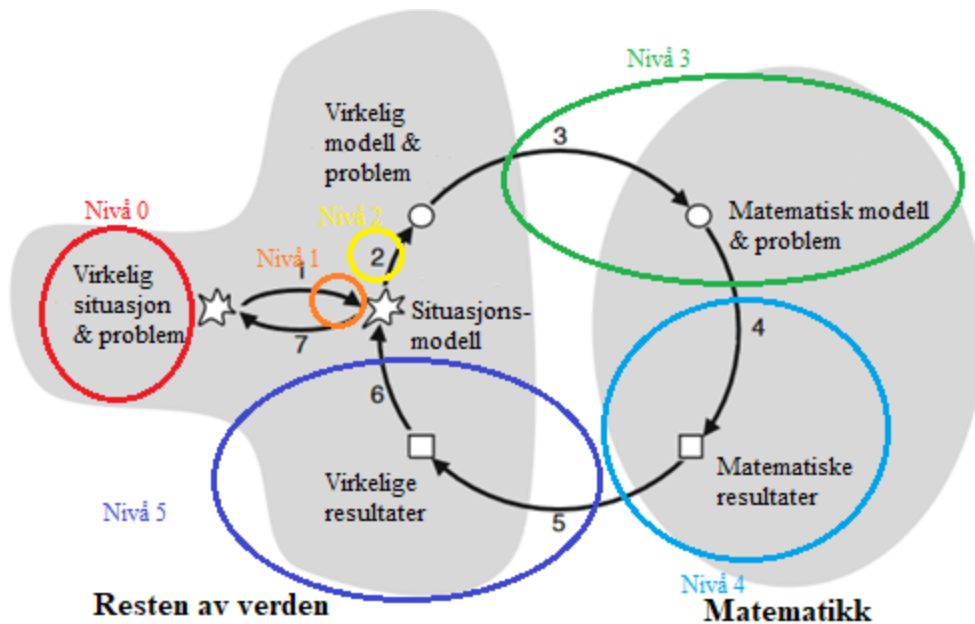
Basert på vår forståelse av modelleringskompetanse kommer vi til spørsmålet: Hvordan vurdere modelleringskompetansen til elevene. Galbraith og Stillman (2006) presenterer i sin artikkel et rammeverk for å identifisere elevens utfordringer knyttet til overgangene i modelleringsprosessen. For at elevene skal mestre de ulike overgangene i modelleringssyklusen har de kommet frem til ulike komponenter som elevene må kunne gjennomføre. Galbraith og Stillman mener at disse komponentene kan brukes for å vurdere modelleringsrapporter, både ved å undersøke hvilke komponenter som karakteriserer rapportene, og bruke komponentene som utgangspunkt til å sammenlikne ulike rapporter.

Ludwig og Xu (2010) har tatt utgangspunkt i overgangene presentert av Galbraith og Stillman (2006) og har konstruert et rammeverk for å vurdere matematisk modelleringskompetanse.

Ludwig og Xu (2010, s. 79) deler matematisk modelleringskompetanse inn i seks ulike nivåer:

- Nivå 0: Elevene har ikke forstått situasjonen og er ikke i stand til å skissere eller skrive noe konkret om problemet.
- Nivå 1: Elevene forstår kun den virkelige situasjonen, men er ikke i stand til å strukturere og forenkle eller kan ikke finne sammenhenger til noen matematiske ideer.
- Nivå 2: Etter å ha undersøkt den virkelige situasjonen, finner eleven en virkelig modell gjennom å strukturere og forenkle, men vet ikke hvordan denne overføres til en matematisk oppgave.
- Nivå 3: Eleven kan ikke bare finne en virkelig modell, men oversetter den også til et matematisk problem, men kan ikke jobbe tydelig med det i den matematiske verden.
- Nivå 4: Eleven kan plukke opp et matematisk problem fra den virkelige situasjonen, arbeide med dette matematiske problemet i den matematiske verden og få matematiske resultater.
- Nivå 5: Studenten kan erfare den matematiske modelleringsprosessen og validere løsningen av et matematisk problem i forhold til den gitte situasjonen.

Nivåene presentert over følger modelleringssyklusen presentert av Blum og Leiß (2007) (se figur 5). Nivå 0 tilsvarer situasjonen før trinn 1 (forstå situasjonen / problemet), nivå 1 er mellom trinn 1 og 2, nivå 2 tilsvarer trinn 2, nivå 3 tilsvarer konstruksjonen av den matematiske modellen, nivå 4 er sammenlignbart med matematisk resultat, mens nivå 5 tilsvarer en fullført modelleringssyklus oppfylt med trinn 5 og 6.



Figur 5: Kobling mellom modelleringsyklus og -kompetansenivå.

Til vurderings spørsmålet rundt modelleringskompetanse vil vi igjen minne om at modellering er et begrep som har fått mye større plass i læreplanen i LK20, enn det hadde i LK06. I den gamle læreplanen til naturfag for 7. trinn, er ordet modell kun benyttet i sammenheng med verbet: beskrive, i forbindelse med kompetansemålene i faget (Kunnskapsdepartementet, 2013). I læreplanen i naturfag fra LK20 for 10. trinn, benyttes ordet modell i sammenheng med ordene: bruke, lage og gjøre rede for (Kunnskapsdepartementet, 2019c). Det kan fort bli urimelig å anta at elever som nå går på videregående, har samme evne til å lage modeller som fremtidige elever som kun har vært gjennom LK20, da de kommende elevene på 7. trinn skal ha mer kompetanse til å vurdere og begrunne bruk av modeller i naturfag gjennom kompetansemålene i større grad enn elever som fulgte den gamle læreplanen. Årsaken til at læreplanene til naturfag for de valgte trinnene er presentert er at trinnene reflekterer overgangen i læreplan som dagens videregående elever har vært gjennom. Kort oppsummert legger LK20 mer vekt på at elevene skal modellere i naturfag sammenliknet med den gamle læreplanen. En antakelse vil da være at elever som har startet med den gamle læreplanen og gått over til den nye, ikke vil ha de beste forutsetningene til å modellere, da de ikke har mye erfaring med dette fra tidligere.

2.3 Affekt og holdning

Mangelen på forskning om det affektive området tilknyttet matematisk modellering gjør at vi ønsker å ta for oss elevenes holdninger til en slik aktivitet. Vi vil først trekke frem begrepet affekt da vi ser dette som et stort og flertydig begrep. Ifølge Hannula (2020) blir ordet affekt ofte brukt som et paraplybegrep som dekker holdninger, oppfatning, motivasjon, følelser og alle andre ikke-kognitive aspekter av menneskesinnet. Blanco et al. (2010) gjennomgår i sin tekst den mest betydningsfulle forskningen på det affektive domenet i undervisning i naturfag og matematikk. Ifølge dem tar mye av dagens forskning om påvirkningen av den affektive dimensjonen i matematikkundervisning utgangspunkt i arbeidet til McLeod (1992).

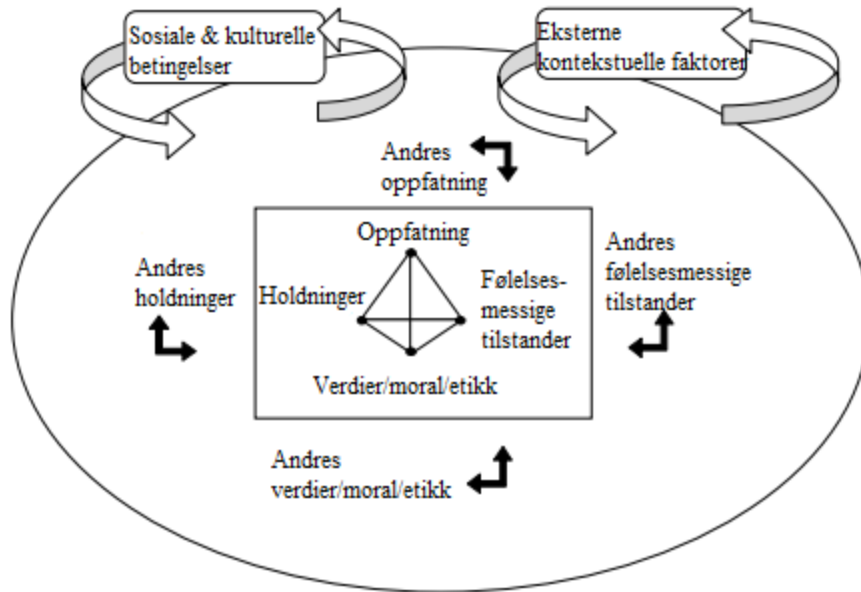
McLeod (1992) beskriver tre begreper som tar for seg en rekke affektive responser i matematikkundervisning: *oppfatning*, *holdninger* og *emosjon*. Begrepet oppfatning kobler McLeod til flere kategorier: oppfatning om matematikk, oppfatning om seg selv, oppfatning om matematikkundervisning og oppfatning om konteksten der matematikkundervisning foregår. En holdning er ifølge McLeod en affektiv respons som innebærer positive eller negative følelser. Han mener holdninger kan fremkomme på to forskjellige måter: Holdning kan være et resultat av automatisering av en gjentatt emosjonell reaksjon, og tildelingen av en allerede eksisterende holdning til en ny, men beslektet oppgave. Begrepet emosjon deler McLeod ingen spesifikk beskrivelse av, men det kan virke som det benyttes som det blir benyttet i dagligtalen – en henspilling til følelser.

Videre beskriver McLeod (1992) at begrepene oppfatning, holdning og emosjon opptrer i forskjellig intensitet og stabilitet. Oppfatninger anses som svært stabile, men minst intense, det vil si at de er vanskelig å endre. Holdninger representerer et midtpunkt, som er delvis intenst og stabilt, mens emosjoner på sin side er svært intense, men ustabile og kan endres raskt. Han tar utgangspunkt i en teori om affekt som har opphav i fagfeltet psykologi, som baserer seg på at emosjonelle responser har sitt opphav i en tolkning av avbrytelser på planlagt atferd.

Følelsesmessige reaksjoner kan oppstå hos elever i matematikkundervisningssammenheng når for eksempel: elevene prøver å løse en oppgave, men bruker mer tid enn anslått fordi oppgaven er vanskeligere enn de trodde, eller at en løsningsstrategi elevene benytter ikke fungerer. En evaluering av avbrytelsen gir elevene mening til den emosjonelle responsen og kan av

forskjellige elever kategoriseres som forskjellige følelser, for eksempel: en elev føler frustrasjon, mens en annen får en undring til å utforske og lære.

Flere har forsøkt å forske nærmere på hva som ligger i begrepet affekt, deriblant DeBellis og Goldin (2006). De har valgt å bygge videre på McLeod (1992) sin teori der de i tillegg til å bruke begrepene *oppfatning*, *holdning* og *emosjon*, velger å legge til *verdier* for å beskrive affekt. DeBellis og Goldin (2006) kommer da fram til en tetraeder-modell over affekt, som innebærer de fire nevnte begrepene. Oppfatning blir definert som tilegning av eksterne sannheter eller gyldighet til systemer av proposisjoner eller andre kognitive konfigureringer, som ofte er svært kognitive og stabile. Begrepet holdning blir definert som en disposisjon av positive eller negative følelser knyttet til en kontekst (for eksempel matematikk), og omhandler ikke tendensen til å utføre atferdsmønstre. Begrepet emosjon er en raskt endrende følelsesmessig tilstand som kan opptre bevisst, ubevisst eller førbevisst under en aktivitet (for eksempel matematikkundervisning), og kan variere i intensitet. Verdier defineres til å innebære etikk og moral, som her er personlige sannheter hos individet. Teorien deres baseres på at affekt er en representasjon hos et individ som overbringer mening hos individet – affekt er altså ikke bare en ufrivillig reaksjon på kognisjon. En følelse kan inneholde forskjellig mening for et individ, for eksempel kan en følelse av frustrasjon være nyttig for å prøve ut andre løsningsstrategier til en oppgave, på en annen side kan frustrasjon innebære at eleven får en oppfatning om at de ikke er flinke i matematikk som kan utvikle seg til angst. Hovedelementet å trekke fram fra teorien til DeBellis og Goldin er tetraeder-modellen over de ulike underkategoriene av affekt der de hevder at hver av de fire underkategoriene påvirker hverandre og blir påvirket av hverandre i et individ. I tillegg vil de fire affektive underkategoriene hos et individ både påvirke og bli påvirket av andres affektive responser i for eksempel et klasserom (se figur 6).

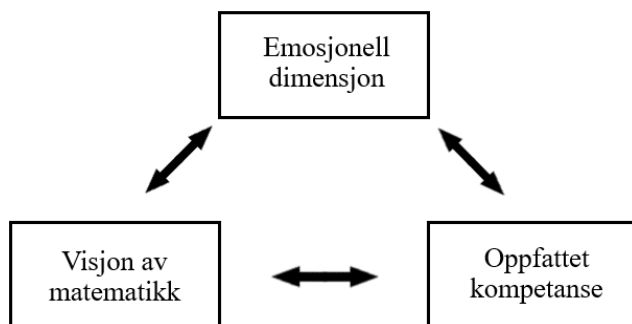


Figur 6: Tetraedermodell som avbilder affektens dimensjoner (DeBellis & Goldin, 2006, s. 135). (Vår oversettelse)

Som beskrevet over har det affektive begrepet et bredt spekter av underkategorier. I vår oppgave velger vi bare å konsentrere oss om begrepet holdning da vi ønsker å kartlegge elevenes holdninger til matematisk modellering i naturfag.

Begrepet holdning har innenfor det affektive domenet forskjellig betydning avhengig av hvem som beskriver begrepet. Eksempelvis beskriver Simpson et al. (1994) en holdning som bestående av tre dimensjoner: *følelser*, *kognisjon* og *oppførsel/atferd*, og mener at en holdning innebærer en tilbøyelighet for å respondere negativt eller positivt på ting, steder, hendelser og liknende. Til naturfaget gjør de et skille mellom naturfaglige holdninger og holdninger til naturfag, der det førstnevnte refererer til måten forskere arbeider på i feltet sitt, mens det sistnevnte innebærer hvorvidt en person uttrykker seg positivt eller negativt til naturfag. Sett i lys av matematikk har andre forfattere et annet syn på hva en holdning innebærer. McLeod (1992) og DeBellis og Goldin (2006) har like oppfatninger av hva en holdning er, selv om de har noe ulikt syn på hva som ligger i begrepet affekt. De velger å ta utgangspunkt i en definisjon på holdning som er knyttet til en følelsesmessig respons som kan være negativ eller positiv, og som er mer stabile enn emosjoner. I tillegg går definisjonene på holdning ut på at denne følelsesmessige responsen kan overføres til beslektede kontekster, som i undervisning av matematikk kan innebære at en elev vil ha en positiv følelsesmessig respons til et nytt tema i matematikk som likner et annet tema eleven har positive følelser til.

To forskere som har prøvd å kategorisere elevers uttrykte holdninger tilknyttet matematikk er Di Martino og Zan (2010). De presenterer en studie der de har undersøkt elevenes holdninger til matematikk ved å la elevene skrive en tekst om deres forhold til faget. Etter å ha analysert over 1600 tekster fra elever på barneskoler til videregående, deler de holdningsbegrepet inn i tre sammenkoblede dimensjoner: *emosjonell dimensjon*, *visjon av matematikk* og *oppfattet kompetanse* (se figur 7). I den emosjonelle dimensjonen legges alle følelsesaspekter som elevene trekker frem. Dimensjonen visjon av matematikk refererer i denne artikkelen til hvordan elevene oppfatter at man lærer matematikk, mens dimensjonen oppfattet kompetanse tar for seg elevenes egenvurdering av deres nivå i matematikk. Under analysen av elevfortellinger har Di Martino og Zan valgt å lage profiler av holdningene til elevene basert på en todeling av dimensjonene i modellen, der hver dimensjon vurderes i et todelt system som enten positivt eller negativt, basert på forhåndsgitte kriterier. Det vi finner spesielt i artikkelen er at forfatterne hovedsakelig tar for seg negative holdninger.



Figur 7: Tredimensjonal modell av holdning (Di Martino & Zan, 2010, s. 43) (Vår oversettelse).

Di Martino og Zan (2011) ser nærmere på sammenhengen mellom de tre foreslåtte dimensjonene og definerer holdningsbegrepet som en bro mellom oppfatning og følelser. Denne forestilte koblingen holdning har til oppfatning og følelser kan trekkes tilbake til McLeod (1992) og hans teori om affektive faktorer. Det er tydelig å se at Di Martino og Zan (2010) sine sammenkoblede dimensjoner til holdning tar inspirasjon fra McLeod (1992) sin teori om affekt, da dimensjonen *visjon om matematikk* innebærer det McLeod skriver om *oppfatning om matematikk*, samtidig som dimensjonen *oppfattet kompetanse* handler om *oppfatning om seg selv* som McLeod presenterer. På bakgrunn av disse punktene faller det naturlig at Di Martino og Zan (2011) ser på

holdninger som en bro mellom oppfatning og følelser, da det virker som de har tatt stor inspirasjon i McLeods (1992) teori om affekt.

Lim et al. (2009), som har gjennomført en studie omkring elevers holdninger til matematisk modellering, presenterer fire ulike komponenter tilknyttet holdninger: *oppfatning*, *nytte*, *fornøyelse* og *angst*. Oppfatning blir her definert som antakelsene elevene tar med seg til øvelsen, som er basert på elevenes kunnskap og tidligere erfaringer. Nytte blir definert som det som er hjelpsomt, praktisk og av hensikt, som gjør at studentene oppfatter det som verdt å gjøre. Fornøyelse blir definert i form av glede og fravær av press, mens angst blir definert som å føle seg bekymret og presset av oppgaven. Vi ser en klar kobling mellom disse fire komponentene og figuren til Di Martino og Zan (2010) der komponenten *oppfatning* kobles til dimensjonen *oppfattet kompetanse*, *nytte* kobles til *visjon av matematikk*, mens *fornøyelse* og *angst* kobles til *emosjonell dimensjon*. Koblingen *nytte* har til *visjon av matematikk* finner vi også igjen i Di Martino (2019). Artiklene til Lim et al. (2009) og Di Martino (2019) vil bli drøftet ytterligere i delkapittel 3.2.

Med bakgrunn i det som er presentert over, vil vi i denne oppgaven støtte oss på definisjonen av holdning, presentert av Di Martino og Zan (2011), der holdning defineres som en bro mellom *oppfatning* og *følelser*. Dette er en definisjon som utelukker oppførsel, som medfører at vi ikke vil se på elevenes oppførsel tilknyttet holdningsbegrepet i denne studien. Begrunnelsen for dette er at det går utenfor studiens interesseområde og at vi forstår inklusjon av oppførsel som utfordrende på lik linje med Di Martino og Zan (2011), da det fort fører til et sirkulært resonnement – der en holdning baseres på en oppførsel, og oppførselen er et uttrykk på en holdning.

3. Hva finnes av tidligere forskning?

I dette kapittelet vil vi gå gjennom et utvalg av tidligere forskning som tar for seg ulike aspekter tilknyttet de sentrale begrepene som ble presentert i kapittel 2. Først vil vi ta for oss litteratur på matematisk modellering og modelleringskompetanse, med et henblikk på både erfarte utfordringer under en slik aktivitet og læringsutbyttet. Deretter vil vi ta for oss litteratur på holdninger knyttet til matematisk modellering. En oversikt over de ulike artiklene som blir gått igjennom i dette kapittelet kan ses i vedlegg 1, der artiklene er samlet i en tabell.

3.1 Tidligere forskning på matematisk modellering i klasserommet

Elevenes matematiske modelleringskompetanse ble i delkapittel 2.2 definert som elevenes evne til å arbeide seg gjennom modelleringssyklusen presentert i figur 1. I dette delkapittelet vil vi ta for oss et utvalg av tidligere studier som tar for seg matematisk modellering i klasserommet. Vi kommer innom temaene matematisk modelleringskompetanse, utfordringene elevene møter på under modelleringsaktiviteter og ulike faktorer som kan bidra til læringsutbyttet. For å belyse de ulike temaene diskuteres totalt ni studier i dette delkapittelet.

Rammeverket Ludwig og Xu (2010) arbeidet frem har blitt benyttet i studier for å vurdere elevenes modelleringskompetanse. Forfatterne gjennomførte selv en studie der de undersøkte modelleringskompetansen til over 1000 elever i videregående skole fra Kina og Tyskland. De finner totalt sett at kinesiske og tyske elever henholdsvis opplever nivå 2 og 3 som den største barrieren, men at mange elever samtidig stopper på nivå 0 og 1. Resultatene forfatterne kom fram til viser også at det ikke var stor forskjell i modelleringskompetanse mellom elevene fra de to landene. Auning et al. (2021) benyttet det samme rammeverket til å vurdere ungdomsskoleelevers modelleringskompetanse etter en matematisk modelleringsaktivitet i naturfag. Modelleringsaktiviteten som ble gjennomført var et prosjekt som gikk over flere undervisningstimer. Resultatene viste at elevene oppnådde et høyt nivå for modelleringen der alle gruppene bortsett fra én oppnådde nivået 4 eller 5. Basert på elevenes oppnådde modelleringskompetanse og utsagn fra elevene som deltok i studien, tolkes det at elever som oppnår høyest modelleringskompetanse har lettest for å si noe generelt om naturfagsfenomenet og bruke modellen.

Ser vi disse to studiene i sammenheng er det klare forskjeller som må presiseres. For det første er studien til Ludwig og Xu (2010) gjennomført i en ren matematikkontekst, mens studien til

Auning et al. (2021) er gjennomført i en naturfagssammenheng. For det andre måtte elevene i studien til Ludwig og Xu (2010) jobbe individuelt med modelleringsoppgaven, mens elevene i studien til Auning et al. (2021) fikk jobb i grupper. For det tredje var det ulike utgangspunkt elevene fikk før de begynte å modellere. I studien til Ludwig og Xu (2010) fikk elevene se en introduksjonsfilm av situasjonen og et skriv om situasjonen, men fikk ikke noe mer veiledning angående situasjonen. I studien til Auning et al. (2021) arbeidet elevene med naturfagsfenomenet som skulle modelleres i flere undervisningstimer og fikk utdelt en arbeidstegning de kunne ta utgangspunkt i, til modelleringen. Studiene eksemplifiserer at det er mulig å måle elevenes modelleringskompetanse ut fra det nevnte rammeverket.

Flere studier viser at elevene opplever utfordringer når de arbeider med matematisk modellering. Blum og Ferri (2009) og Blum og Leiß (2007) presenterer begge i sine artikler funn fra prosjekter som analyserer hvordan elever håndterer kognitivt krevende modelleringsproblemer på utvalgte ungdomsskoler i Tyskland. Resultatene fra disse prosjektene viser at elever har utfordringer med å lese og forstå situasjonen og problemet, gjøre forenklinger og antagelser, og at de hopper over valideringsfasen (Blum & Ferri, 2009; Blum & Leiß, 2007). Frejd og Ärleback (2011) presenterer funn fra en studie som undersøker svenske videregående elevers modelleringskompetanse. De kommer frem til at det mest utfordrende for elevene er å gjøre forenklede antagelser, å avklare målet for modellen og å velge en modell. Maaß (2007) presenterer en studie som tar for seg tyske elevers modelleringskompetanse på ungdomsskolenivå. Resultatene fra denne studien viser at elevene kan gjøre feil i alle trinnene i modelleringssyklusen, men at modelleringskompetanse kan tillæres eller utvikles. Ludwig og Xu (2010) omtaler overgangene mellom stegene i modelleringssyklusen som barrierer elevene må overvinne. Alle de nevnte studiene som tar for seg utfordringer er hentet fra en matematikkundervisningssammenheng. Det er her også viktig å bemerke at elevene som har deltatt i studiene har lite tidligere erfaringer med modelleringsoppgaver. Ut ifra de presenterte studiene ser vi at de største barrierene er de første fasene av modelleringssyklusen, men at alle fasene kan være utfordrende.

Tidligere studier viser at samarbeid i grupper gir elevene best læringsutbytte av matematiske modelleringsoppgaver. Ifølge Pajchel et al. (2019b) er en fordel med gruppearbeid ved modellering at det trener elevenes evne til å samarbeide mot et bestemt mål, argumentere og

diskutere. Spooner (2022) konkluderer i sin studie blant annet med at modellering bør utføres i grupper for å få til en produktiv elevopplevelse. Denne konklusjonen trekkes fra det elevene rapporterer om at de var avhengig av hverandre og muligheten til å diskutere for å komme videre i modelleringsoppgavene. I tillegg viser modelleringseksemplene presentert av Blum og Leib (2007) at elevene diskuterer seg imellom for å komme videre i modelleringsoppgavene. Lopes (2022) som hovedsakelig tar for seg holdninger til matematisk modellering og derfor vil bli presentert ytterligere i delkapittel 3.2, presenterer også et sentralt funn tilknyttet gruppearbeid under modelleringsaktiviteter. Han finner at studentene klarte å være mer kritiske til modellene når de arbeidet i grupper, enn når de jobbet alene. Et viktig perspektiv å trekke frem fra studiene presentert her er at elevene som deltok ikke fikk veiledning fra læreren i særlig stor grad og at de var mer eller mindre overlatt til seg selv. På den måten ble det naturlig for elevene å spørre hverandre når de sto fast under oppgavene. Studiene ser verdien av diskusjon mellom elevene som både kan føre til fremdrift i modelleringssyklusen og som kan være med på å gi elevene et bedre læringsutbytte av aktiviteten ved at elevene får trent flere ferdigheter som samarbeid, diskusjon og argumentasjon.

For å få til et best mulig læringsutbytte for elevene er det også flere som diskuterer lærerens rolle under modelleringsaktiviteter. Blomhøj og Jensen (2003) skriver at deres erfaringer med å hjelpe studenter i modelleringsoppgaver viser at en dialogbasert veiledning er bedre enn direkte oppgaveveiledning. Her menes det at man verken burde gi studenter en for utdypende oppgavetekst til modelleringsoppgaven eller komme med avslørende formuleringer knyttet til oppgaven. Blum og Ferri (2009) påstår at lærerveiledning ved modelleringsaktiviteter best utføres ved adaptive uavhengighetsbevarende lærerintervensjoner som betyr at læreren må tilpasse seg elevenes behov og hjelpe elevene til å kunne løse oppgavene. De foreslår å gi hint på metanivå slik at man setter i gang tankeprosesser hos elevene (for eksempel: “Forestill deg situasjonen”, eller “gir resultatene mening for den virkelige situasjonen?”). De to nevnte studiene er gjennomført på henholdsvis universitets- og ungdomsskolenivå hvilket betyr at dette også burde gjelde for elever på videregående skole. Ut ifra studiene kan det virke som at det er viktig å ikke avsløre aspekter ved oppgaven som elevene ikke har utforsket enda, dersom man ønsker å legge best mulig til rette for elevenes læringsutbytte.

Studiene presentert i denne litteraturgjennomgangen viser at matematisk modellering har et stort potensial i klasserommet da det trener flere ferdigheter. Det teoretiske rammeverket til Ludwig og Xu (2010) har gjennom studier vist seg som et godt verktøy for å vurdere elevenes modelleringskompetanser. Ut fra rammeverket kan elevenes opplevde barrierer identifiseres, slik at læreren kan få innblikk i hva elevene trenger hjelp med. Gjennom studiene kommer det frem at det er en fordel å la elevene arbeide i grupper da dette trener flere ferdigheter og at elevene kan hjelpe hverandre for å overvinne barrierene de møter under modelleringen. Vi har gjennom denne litteraturgjennomgangen bemerket oss et gap i litteraturen. De fleste studiene vi har klart å finne om matematisk modellering, er basert i matematikkundervisningssammenheng da vi har klart å finne svært få artikler som omtaler matematisk modellering i naturfagundervisningssammenheng. Vi ser derfor vår master som et bidrag til forskningen på matematisk modellering i naturfag.

3.2 Tidligere forskning på holdninger til matematisk modellering

Da vi i denne studien ønsker å undersøke hvilke holdninger elever uttrykker til matematisk modellering vil vi i dette delkapittelet presentere et utvalg av studier som tar for seg holdninger til matematisk modellering. Først vil vi ta for oss tidligere studier som kobler modelleringserfaringer til holdninger for deretter å trekke frem ulike perspektiver av holdninger som brukes i andre studier rundt matematisk modellering. Videre vil vi ta opp enkelte andre perspektiver som kan knyttes mot holdninger til matematisk modellering. Til slutt vil vi oppsummere de sentrale punktene fra studiene som blir presentert. For å belyse de ulike temaene diskuteres totalt ni studier.

Elevenes modelleringskompetanse og erfaringer med modellering kan ha innvirkning på elevenes holdninger til modelleringsaktiviteter samtidig som det motsatte kan stemme. I tillegg til å undersøke svenske videregåendeelevers modelleringskompetanse rapporterer Frejd og Ärlebäck (2011) om elevenes holdninger til slike oppgaver. Hovedfunnene det rapporteres om rundt elevenes holdninger til å jobbe med matematiske modelleringsoppgaver er at de generelt var negative, da elevene blant annet rapporterte at oppgavene var vanskelige og at det ikke ga noen begeistring av å håndtere dem. Maaß (2007) finner i sin studie at negative holdninger til modelleringsoppgaver, ikke fører til lav modelleringskompetanse blant elevene. En mulig implikasjon av dette er at elevene kan ha en høy modelleringskompetanse og likevel ha negative

holdninger til modelleringsoppgaver. Videre påstår hun at negative holdninger kan påvirke visse delkompetanser i modelleringsprosessen. Et aspekt det er viktig å nevne fra Frejd og Ärlebäck (2011) sin studie er at elevene jobbet alene med modelleringsoppgavene uten tilgang på kalkulator, til forskjell fra Maaß (2007) sin studie der elevene jobbet selvstendig i grupper og fikk diskutere løsningen seg imellom. Et kritikkverdig punkt å nevne fra studiene er at begrepet *holdning* ikke blir definert spesifikt. I studien til Frejd og Ärlebäck (2011) måltes holdning ut fra såkalte holdningsspørsmål basert på en Likert-skala, der elevene blant annet ble spurt om de syntes modelleringsoppgavene var morsomme, enkle, og interessante, samt om de ønsket mer slik undervisning. I studien til Maaß (2007) er holdning bare nevnt som et funn som delvis kan påvirke elevenes modelleringskompetanse. Basert på disse funnene tolker vi det som at matematisk modelleringskompetanse og holdninger kan ha en sammenheng, spesielt på enkelte delkompetanser i modelleringsprosessen.

De artiklene vi klarer å finne som omhandler holdninger til matematisk modellering trekker frem *nytteverdi* som et perspektiv tilknyttet holdning. Lim et al. (2009), som undersøker geofagstudenters holdninger til matematisk modellering etter en aktivitet med dataprogrammet MATLAB, rapporterer i sin studie at resultatene viser generelt positive holdninger til matematisk modellering. Gjennom Likert-skala spørsmål og intervju ga studentene uttrykk for at de opplevde matematikken som nyttig, og at plottet som ble laget i dataprogrammet hjalp dem med å forstå løsningen bedre. Dessuten var det mange studenter som fokuserte på programmeringen der de blant annet uttrykte at de var bekymret i starten, men at de lærte å bruke programmet gjennom aktiviteten. Lopes (2022) rapporterer fra sin studie om brasilianske studenters syn på matematikk etter et forsøk med matematisk modellering, der han finner at studentene opplever matematikken som nyttig og at studentene viser en interesse for matematikken gjennom modelleringsoppgavene. Dessuten presenterer Di Martino (2019) at det kom frem gjennom analysen av dataene fra studien han var med i; presentert i delkapittel 2.3 (Di Martino & Zan, 2010), at et av de mest tilbakevendende temaene i elevenes fortellinger handler om den opplevde nytten av matematikk. Di Martino (2019) konkluderer i denne artikkelen blant annet med at matematisk modellering kan bidra til en positiv holdning til matematikk, ved at elevene kan oppleve matematikken som nyttig. Hvilken overføringsverdi Lopes (2022) og Lim et al. (2009) har for norske elever ved videregående skole er vanskelig å si, da de nevnte artiklene er skrevet i henholdsvis Brasil og Taiwan, og baserer seg på studenter ved universitetsnivå. Bokkapittelet til

Di Martino (2019) kan ha bedre overføringsverdi til elever ved den norske skolen, da de forsker på italienske elever og han samtidig inkluderer elever på videregående. Vi ser likevel *nytteverdi* som et perspektiv, innenfor holdning til matematisk modellering, som et perspektiv også norske elever kanskje vil uttrykke.

Selv om *nytteverdi* blir påpekt som et aspekt ved holdninger til matematisk modellering, skriver flere forfattere at elever kan oppleve ulik grad av nytteverdi. Di Martino (2019) skiller mellom individuell og sosial/samfunnsmessig nytte av matematikk og kobler nytte av matematikk sammen med begrepet *relevansparadoks* (Niss, 2003, sitert i Di Martino, 2019, s. 224). Dette går ut på at selv om det er stor enighet rundt rollen til matematikk i samfunnet, har mange utfordringer med å se matematikken som relevant for dem. Dette minner om det Ikeda (2018) skriver om, der det konkluderes med at et av de viktigste målene med å lære om modellering er å gjenkjenne matematikkens rolle i samfunnet. Det er likevel ikke sikkert at elevene setter pris på rollene matematikk har i samfunnet, selv om de kan gjenkjenne at matematikk har en sentral samfunnsmessig rolle. Dette vil si at elevene erkjenner matematikken som viktig, men at de ikke opplever matematikken som nyttig for dem selv. Lopes (2022) henter inspirasjon fra det Ikeda (2018) konkluderer med, og bruker perspektivet *oppfatning av sosiale roller* som et perspektiv på holdning til matematikk etter en modelleringsaktivitet. Lopes (2022) konkluderer med at flertallet av studentene opplever grunnleggende matematikk som nyttig, men at halvparten av studentene ikke opplever nytten av mer avansert matematikk i sitt dagligliv. Likevel foreslår han at matematisk modellering er en mulighet til å øke elevenes anerkjennelse av mer avansert matematikk, da matematisk modellering er en måte å jobbe praktisk med abstrakt innhold. Et av hovedfunnene til Di Martino (2019) er at jo høyere i utdanningsløpet elevene kommer, desto færre elever opplever matematikken som nyttig for sitt dagligliv, der elever på videregående rapporterer at matematikken blir abstrakt og virkelighetsfjern. Di Martino trekker her frem begrepet, *konkretthet* (vår oversettelse) og knytter *konkretthet* mot graden av matematikkens anvendelse til en realistisk situasjon. Han konkluderer med at matematisk modellering kan bidra til at matematikken blir mindre virkelighetsfjern og at elevene derfor lettere kan oppleve nytteverdien med matematikken, om de får jobbe med autentiske og virkelighetsnære problemer. Vi finner at resultatene presentert av Lopes (2022) ikke er overraskende, da studien omhandler ingeniørstudenter og de anvender matematikk i større grad enn en gjennomsnittlig elev på videregående nivå. Ingeniørstudenter har gjerne en interesse for matematikk, og det er ikke

usannsynlig at en ingeniørstudent lettere kan se bruksområder for grunnleggende matematikk i sitt dagligliv. Vi har allerede vært innom overføringsverdien fra artikkelen til Lopes (2022). Tilsvarende kan vi diskutere artikkelen til Ikeda (2018), da den undersøker japanske ungdomsskoleelever. Likevel er temaet det skrives om generelt i skolesammenheng, noe som gjør at vi ser en overføringsverdi til det norske klasserommet. Artikkelen presentert viser at den opplevde nytteverdien kan være varierende blant elever, likevel konkluderes det ofte med at det å jobbe med autentiske og virkelighetsnære problemer, kan bidra til at elevene ser nytten matematikk kan ha for samfunnet, eller eleven selv (Di Martino, 2019; Lopes, 2022).

Nytteverdien med matematikk kan oppleves hos elevene ved at sammenhengen mellom fagene matematikk og naturfag tydeliggjøres. Flere studier fokuserer på bevisstgjøringen av sammenhengen mellom matematikk og naturfag når det skrives om matematisk modellering. Kawasaki og Moriya (2011) rapporterer i sin studie at de matematiske modelleringsaktivitetene som ble benyttet økte elevenes bevissthet om sammenhenger mellom fagene naturfag og matematikk, noe som også er et resultat i studien til Auning et al. (2021), presentert i delkapittel 3.1. Studien til Kawasaki og Moriya (2011) er gjennomført med japanske videregående elever der målet var at elevene skulle oppleve sammenhengen mellom matematikk og naturfag. Michelsen (2017) presenterer i sin artikkel ulike måter lærere arbeider tverrfaglig mellom biologi og matematikk. Lærerne som deltok i prosjektet, rapporterer at elevene opplevde en tettere sammenheng mellom fagene ved modelleringsaktiviteter. Kawasaki og Moriya (2011) slår fast i sin artikkel at japanske videregående elever ikke har grunnleggende kunnskaper om sammenhenger mellom matematikk og naturfag, og trekker frem matematisk modellering som en løsning på utfordringen. Om den samme problemstillingen er gjeldende i Norge i dag er vanskelig å vite, men som beskrevet i delkapittel 1.1 og 2.2 vet vi at det har vært lite fokus på modellering i læreplanen for naturfag tidligere (LK06), hvilket kan bety at den samme utfordringen også gjelder her. Studien til Michelsen (2017) er riktignok utført i Danmark med danske elever på videregående nivå, men en svakhet ved studien er at resultatene det blir rapportert om kommer fra lærerne som deltok i studien. Det vil si at alle resultatene som omhandler elevenes opplevelse har sin kilde i faglæreren elevene hadde, som har tolket det elevene opplevde. Det er med andre ord ikke benyttet noen direkte datainnsamlingsmetoder for å få innblikk i hva elevene faktisk mente. Ved å knytte matematikken til læring og forståelse av naturfaglige fenomener, kan det gi elevene erfaringer og innblikk i matematikkens rolle i

naturvitenskap. Dette støttes av Pajchel et al. (2019a, s. 172 – 173) som skriver at “Siden matematikken er så nær knyttet til naturvitenskapelige forklaringer bør naturfagundervisningen inkludere regning på måter som gir elevene en forståelse for matematikkens plass og funksjon i naturvitenskapene”. De mener at arbeidsmåter som bygger på dette samspillet vil gi elevene innblikk i hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles.

Vi vil konkludere denne litteraturgjennomgangen om holdninger med å trekke frem de sentrale punktene vi har vært innom. Vi har diskutert at holdninger kan ha en sammenheng med elevenes modelleringskompetanse, men det er som nevnt ikke nødvendigvis slik at en negativ holdning til modellering betyr at elevene er dårlige modellerere. Studiene som er trukket frem viser at et sentralt perspektiv som går igjen tilknyttet holdninger til matematisk modellering er begrepet *nytteverdi*. Likevel diskuteres det ofte at elever opplever nytteverdien forskjellig og at enkelte ikke nødvendigvis setter pris på den, selv om de kan anerkjenne den. Et annet perspektiv som trekkes frem i litteraturen tilknyttet matematisk modellering i naturfag er bevisstgjøringen av sammenhengen mellom fagene matematikk og naturfag. Vi har gjennom søket på relevant litteratur til denne gjennomgangen bemerket oss av mangelen på forskning innenfor videregående elevers holdninger til matematisk modellering i matematikkfaget. Denne mangelen kan utvides videre til elevers holdning til matematisk modellering i naturfag på videregående, der vi har klart å finne lite forskning. Vi anser dermed denne masteroppgaven som et bidrag på feltet om elevers holdninger til matematisk modellering i naturfag på videregående skole.

4. Metode

I dette kapitlet vil vi først presentere og begrunne forskningstilnærming som er benyttet i denne oppgaven. Deretter vil vi presentere utvalget i tillegg til å beskrive og presentere gjennomføringen av undervisningsopplegget. Videre vil vi beskrive, presentere og begrunne både forskningsmetodene og analysemetodene benyttet i prosjektet. Til slutt vil vi presentere validitet og reliabilitet, og ta opp forskningsetikk tilknyttet datainnsamling og databehandling.

4.1 Forskningstilnærming

Forskningsstrategien vi har valgt å benytte til denne studien er en casestudie. Dette begrunnes gjennom mulighetene for å undersøke et fenomen, og gjøre et dypdykk i situasjonen som studeres (Johannesen et al., 2021). Muligheten for dypdykk er gunstig i forbindelse med det vi ønsker å studere i dette prosjektet, da vi er interesserte i hva elevene lærer av å modellere et fenomen fra naturfag, og hvilke holdninger elevene har til et slikt opplegg. Videre har vi valgt å ta utgangspunkt i et integrert enkelt casesdesign, der vi har laget et undervisningsopplegg som vi har gjennomført i et klasserom. Vi velger et integrert enkelt casesdesign fordi det tar utgangspunkt i en enkelt case i en kontekst, men åpner for flere analyseenheter (Yin, 2009). I vårt tilfelle er konteksten et undervisningsopplegg som omhandler matematisk modellering i naturfag på VG1, hele klassen er casen, der elevene og gruppene elevene samarbeidet i er analyseenheter.

Vi har til denne studien valgt å gjennomføre en forskningstilnærming der vi har benyttet både kvantitative og kvalitative metoder som Yin (2009) skriver er mulig i forbindelse med et integrert enkelt casesdesign. Studien vår er i all hovedsak kvalitativ, som kjennetegnes ved bruk av metoder for å samle inn data, i form av ord, rettet mot å forstå og beskrive hvorfor mennesker tenker og handler som de gjør (Postholm & Jacobsen, 2018). De kvalitative metodene som er benyttet er: innsamling av elevprodukter og deler av spørreskjemaet. I tillegg har vi skrevet logger etter undervisningsøktene. Spørreskjemaet som er benyttet har også kvantitative kjennetegn, i form av spørsmål med forhåndsbestemte svaralternativer. En slik forskningstilnærming som benytter både kvalitative og kvantitative metoder kalles i litteraturen *mixed method research* (Johannesen et al., 2021). Det finnes flere former for *mixed method research*, men til denne studien har vi valgt et integrert design som kjennetegnes ved at det både

er en kvalitativ og kvantitativ del, der dataene kan samles samtidig og analyseres hver for seg, der den ene brukes til å støtte den andre (Creswell & Plano Clark, 2011; Johannesen et al., 2021).

Ifølge Johannesen et al. (2021) oppstår behovet for et *integrert mixed method design* når forskere vurderer at bare kvalitativ eller bare kvantitativ metode ikke er tilstrekkelig for å forstå fenomenet de er interessert i. Vi velger et *integrert mixed method design* fordi vi ser det hensiktsmessig å benytte både kvalitative og kvantitative metoder i vår undersøkelse. De kvalitative dataene gir oss en dypere innsikt i hva elevene tenker og mener om undervisningsopplegget vi har gjennomført, mens de kvantitative dataene gir oss et tallmateriale på elevenes holdninger og erfarte læringsutbytte. Johnson og Onwuegbuzie (2004) trekker frem styrker ved *mixed methods* i deres artikkel der de blant annet trekker frem at ord kan gi mening til tall og at tall kan brukes til å legge presisjon til ord. De skriver videre at kvalitative og kvantitative metoder brukt sammen produserer mer fullstendig kunnskap. I vår undersøkelse vil vi sammenligne de kvalitative og de kvantitative dataene som er samlet inn fra elevene for å undersøke om det er en sammenheng mellom dem. Valget av *mixed method* som forskningstilnærming støttes av Creswell og Guetterman (2021) som skriver at dette er en god metode når bruken av én tilnærming ikke vil være tilstrekkelig alene og når de to metodene blir brukt til å styrke hverandre.

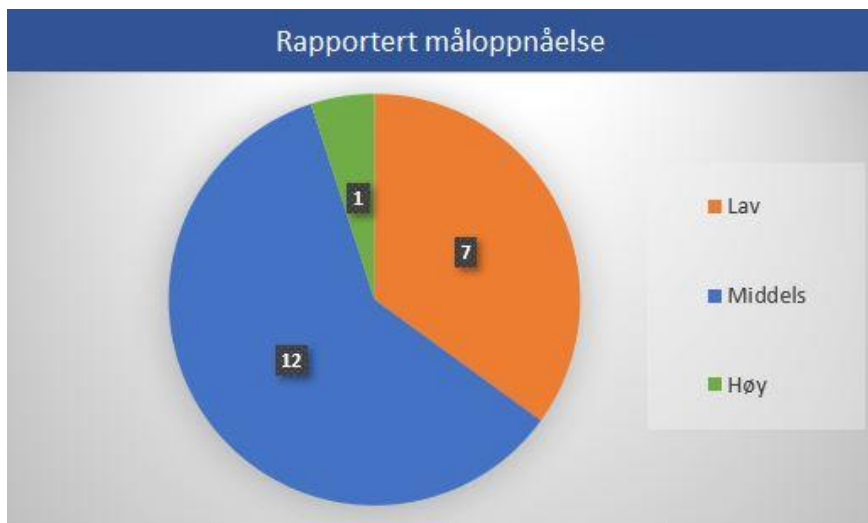
4.2 Utvalg

Vår studie ble gjennomført i en naturfagsklasse på en videregående skole, på VG1, der vi kom i kontakt med en faglærer som viste interesse for vårt prosjekt. Klassen bestod av 23 elever, der 20 elever var til stede i våre undervisningsøkter. Av de 20 elevene var majoriteten jenter (se figur 8).



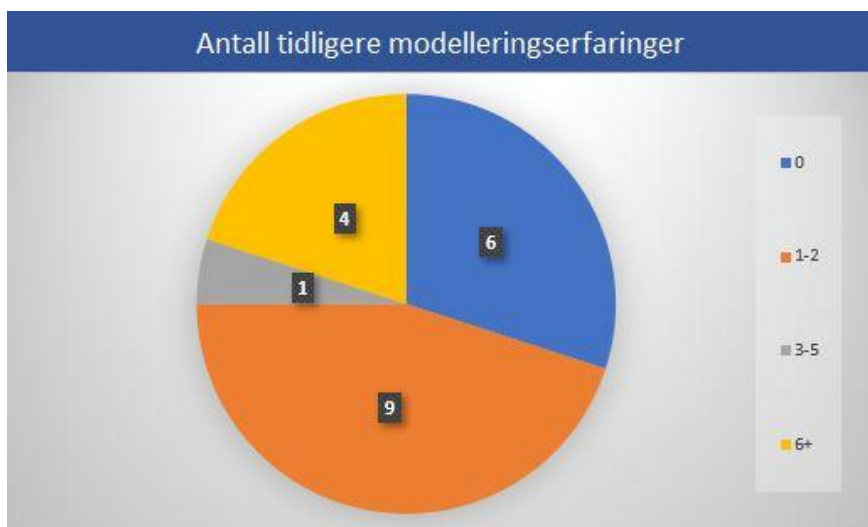
Figur 8: Kjønnfordeling i klassen.

Faglærer beskrev elevene som en engasjert gjeng som ofte er aktivt med i undervisningen, at de ofte er nysgjerrige på hvorfor de lærer om forskjellige temaer, hvordan de blir vurdert og at de har lyst til å lære. Elevene i klassen beskriver en vanlig undervisningstime i naturfag ved at den er variert, med hovedvekt på tavlegjennomgang, oppgaver og forsøk. En elev nevner dessuten det å lage modeller som en del av en vanlig undervisningstime i naturfag. Med tanke på måloppnåelse i naturfag beskriver faglærer klassen som heterogen. Videre har alle elevene i klassen planer om å ta fordypning i realfag hvilket betyr at de har faget matematikk 1T. Elevene har likevel ulike ferdigheter og kunnskaper i matematikkfaget da elevene har oppnådd ulike måloppnåelse (se figur 9).



Figur 9: Oppnådd måloppnåelse blant elevene i matematikk.

Ifølge både faglærer og elevene selv hadde elevene noen erfaringer med programmering fra matematikken, men det var ikke blitt benyttet i naturfag tidligere. Videre fikk vi vite at elevene vil komme til å bruke dette programmet mer aktivt senere i undervisningsløpet i fordypning i realfagene, blant annet til å skrive rapporter i programmeringsplattformen Jupyter Notebook. I tillegg rapporterer elevene ulikt antall modellerings erfaringer fra tidligere i naturfag (se figur 10).



Figur 10: Antall tidligere modellerings erfaringer blant elevene.

Gjennomføringen av vårt undervisningsopplegg i denne klassen, resulterte i 20 besvarelser på spørreskjemaet og totalt 9 små samarbeidsgrupper, som resulterte i 9 innleverte oppgaveark.

4.3 Undervisningsopplegg

I dette delkapittelet vil vi først presentere planleggingsprosessen og beskrive undervisningsopplegget. Videre vil vi presentere gjennomføringen av undervisningen. Her vil vi beskrive hvordan vi kom fram til undervisningsopplegget, hvordan vi så for oss at undervisningen ville utspille seg og hva som faktisk skjedde i klasserommet under gjennomføringen.

4.3.1 Planlegging og beskrivelse av undervisningsopplegg

Undervisningstemaet elevene skulle lære om i den aktuelle tidsperioden var *bølger, energi og elektromagnetisk stråling*. Med utgangspunkt i dette undervisningstemaet konstruerte vi et undervisningsopplegg, etter løpende kommunikasjon med våre veiledere og faglærer ved den aktuelle skolen. Dette undervisningsopplegget gikk ut på at elevene skulle simulere og modellere radioaktiv stråling og halveringstid, der simuleringen ble gjort med 100 terninger, mens modelleringen ble gjort gjennom Python i Jupyter Notebook. Valget av Python som modelleringsverktøy er gjort med hensyn på faglærers ønske, anbefaling fra ansatte ved NMBU, kompetansemål i læreplanen til naturfag (Kunnskapsdepartementet, 2019c), og det at det er lettere å modellere og teste modellen ved å benytte programmering som et verktøy (Haraldrud et al., 2020).

Undervisningsøkten startet med at elevene satt seg i læringsgruppene (grupper som elevene er vant til å jobbe i) og fikk utdelt terninger. Det var totalt fem grupper, der fire grupper besto av fire elever, mens den siste gruppen besto av fem elever. Vi hadde på forhånd fått tak i 300 terninger og for å få gjennomført simuleringen i alle gruppene valgte vi å dele klassen under datainnsamlingen. Tre grupper startet med å samle data, mens to grupper fikk utdelt noen innledende repetisjonsspørsmål. Da gruppene som startet med å samle data ble ferdig med dette byttet gruppene slik at alle fikk samlet de nødvendige dataene som trengtes til modelleringen. Under datainnsamlingen sendte vi et dokument rundt i klasserommet, der elevene skulle skrive navnet sitt og koble det til en kode. På denne måten kunne vi identifisere elevene uten å benytte navn. Kodene besto av gruppenummeret til gruppen eleven var på, og nummeret vedkommende var innad i gruppen. Vi delte videre hver gruppe i to, slik at elevene kunne samarbeide to–og–to, så langt det lot seg gjøre. Vi begrunner valget av å ha små grupper ut fra det Johnson et al. (2006) skriver om det å bestemme gruppestørrelsen. De trekker blant annet frem at jo mindre

gruppen er, jo vanskeligere er det for elever å gjemme seg og unnlate å bidra med sin del. En slik oppdeling ga oss totalt ni mindre grupper, da det var noe fravær. De ni gruppene har i ettertid blitt gitt et tilfeldig tall mellom 1–9, for å gjøre det vanskeligere å identifisere gruppens medlemmer i masteroppgaven vår.

Simuleringen ble gjennomført ved at elevene kastet alle de 100 terningene der alle sekserne skulle plukkes ut. De resterende terningene ble kastet på nytt og sekserne ble igjen fjernet. Dette ble gjentatt til det var fem eller færre terninger igjen. Underveis skulle elevene notere ned antall terninger de hadde for hvert kast, og nummeret på kastet. Videre skulle de benytte dataene de samlet fra terningkastene til å lage grafiske fremstillinger og funksjonsuttrykk av dataene de samlet for å besvare spørsmål de fikk fra et oppgaveark (se vedlegg 2). Oppgavearkene ble samlet inn etter modelleringen som elevprodukter til analyse.

Til modelleringen fikk elevene en Jupyter Notebook-fil, der vi på forhånd hadde lagt inn enkelte celler med forhåndskrevet kode, og enkelte blanke områder der det kun var lagt inn veiledende hjelpetekst. Vi valgte å inkludere blanke områder med ferdigskrevet kode, da dette er en måte Haraldsrud et al. (2020) foreslår som opplæring innenfor programmering, da det ikke kreves at elevene skal kode alt på egenhånd. Som ekstra veiledning til elevene hadde vi også lagt inn detaljerte eksempler på blant annet ulike datatyper, hvordan man importerer biblioteker, eksempler på funksjoner fra bibliotekene, hvordan man definerer matematiske funksjoner og hvordan man kunne tegne og formatere grafer i programmet. Vi valgte å legge inn slik veiledning i filen, da programmering er såpass nytt i læreplanen og for elever flest, og vi så det som en mulighet for at elevene skulle kunne hjelpe seg selv, noe Haraldsrud et al. mener elevene ofte ikke har forutsetninger for når de har lite erfaring.

Målet med Jupyter Notebook-filen var at elevene skulle få mulighet til å lage grafiske fremstillinger og få frem et funksjonsuttrykk som passet med dataene de hadde samlet inn i simuleringen. Elevene fikk beskjed om at de skulle jobbe sammen to-og-to under programmeringen; slik man gjør under parprogrammering, der begge elevene samarbeider om å skrive kode på en datamaskin (Haraldsrud et al., 2020). Deretter skulle de klippe ut resultatene de fikk fra Jupyter Notebook-filen og lime resultatene inn i oppgavearket, for å besvare enkelte av oppgavene der. Oppgavearket besto dessuten av noen refleksjonsoppgaver knyttet til modellene som elevene skulle lage.

4.3.2 Utfordringer og tiltak ved gjennomføring av undervisningsopplegget

Undervisningsøkten startet som nevnt med simuleringsaktiviteten beskrevet over. Det tok overaskende lang tid å gjennomføre undervisningsopplegget. Vi hadde i utgangspunktet planlagt å gjennomføre og fullføre undervisningsopplegget i løpet av tre skoletimer (3x45 minutter), med spørreskjema i løpet av den tredje timen. Under gjennomgangen opplevde vi at elevene hadde større utfordringer rundt den tekniske gjennomføringen av programmeringen (skrive kode) enn vi hadde forventet, vi så oss derfor nødt til å utsette spørreskjemaet til den påfølgende uken. I samråd med veileder og vår egen refleksjon, bestemte vi oss for å legge til to spørsmål i spørreskjemaet som tok for seg det elevene syntes var mest utfordrende med aktiviteten og hva elevene syntes om aktiviteten generelt, uavhengig av programmeringen. De to ekstra spørsmålene ble lagt til fordi vi ønsket å lage et tydelig skille mellom matematisk modellering og programmering, slik at elevene ikke skulle sitte med oppfatningen at å programmere er å modellere.

På grunn av de observerte utfordringene rundt programmeringen, valgte vi å ta en gjennomgang av Jupyter Notebook-filen og oppgavearket i to skoletimer den påfølgende uken. Timen startet med at vi samlet inn elevproduktene fra den foregående økten, da vi unnlot å gjøre det på grunn av mangel på tid. Vi valgte å samle inn elevproduktene på starten, fordi vi ønsket å få elevproduktene slik de så ut etter den foregående økten og ikke med eventuelle endringer som kunne forekomme etter gjennomgangen vi hadde. Elevene satt i de samme gruppene som uken før, og fikk både stille spørsmål rundt programmeringen og svare på oppgavene fra oppgavearket i plenum. Under denne gjennomgangen fikk vi forklart koden som ble skrevet og forklart hva de ulike Python-funksjonene gjorde. Etter denne gjennomgangen sa Sivert (se vedlegg 7):

Husk at vi bruker Python kun som et verktøy til å lage modeller. [...]. Det er viktig å huske på at det ikke er det eneste verktøyet som kan brukes. Vi kunne for eksempel ha brukt Geogebra eller Excel som dere kanskje har brukt mer, men i denne øvelsen valgte vi å bruke Python i Jupyter Notebook.

for igjen å understreke for elevene at programmeringen i denne aktiviteten kun ble brukt som et verktøy for å modellere. På slutten av den andre timen ble spørreundersøkelsen gjennomført der elevene fikk 30 minutter til å svare.

4.4 Datainnsamling

I de påfølgende underkapitlene vil vi beskrive datainnsamlingsmetodene vi har benyttet i denne studien. Vi har totalt fått samlet inn ni elevprodukter og 20 besvarelser på spørreskjemaet. I tillegg har vi skrevet to logger hver. Loggene ble skrevet i etterkant av de to undervisningsøktene vi har gjennomført. For å besvare det første forskningsspørsmålet i denne oppgaven benyttes elevproduktene og enkelte deler av spørreskjemaet. Resterende deler av spørreskjemaet benyttes til å besvare det andre forskningsspørsmålet. Loggene benyttes som et supplement til å understøtte de andre dataene.

4.4.1 Elevprodukter

For å undersøke elevenes modelleringskompetanse fra den matematiske modelleringsaktiviteten har vi samlet inn elevprodukter som elevene arbeidet med i timen. Ifølge Creswell og Guetterman (2021) er dokumenter av ulike slag en verdifull kilde til informasjon i kvalitative studier. Vi valgte å dele ut et oppgaveark i forbindelse med modelleringsaktiviteten som vi omtaler som elevprodukter. Dette oppgavearket består av spørsmål tilknyttet modelleringsprosessen og målet med elevproduktene er å finne ut om den matematiske modelleringen har bidratt til forståelse av det naturfaglige fenomenet (halveringstid) og hvor langt i modelleringssyklusen elevene har kommet. Vi har valgt å samle inn elevbesvarelser i form av oppgaveark, da vi ser dette som en verdifull kilde til informasjon om hva elevene får ut av opplegget, og hva elevene har fått til. Elevproduktene gir oss konkrete eksempler på hva elevene har fått til, i motsetning til spørreskjemaet som gir data på det elevene opplever at de har fått til.

Opgavearket startet med noen helt grunnleggende repetisjonsspørsmål om stråling, radioaktivitet og halveringstid, som ble utdelt på et eget ark. Disse spørsmålene ble samlet inn i starten av timen for at vi skulle få et innblikk i hva elevene kunne om det naturfaglige temaet før modelleringsaktiviteten. Resten av oppgavearket ble fylt inn digitalt og starter med fremgangsmåten av modelleringsaktiviteten, der elevene blir bedt om å løse oppgaver knyttet til modelleringen. Det ble for eksempel etterspurt at elevene skulle lage en grafisk fremstilling og forklare med egne ord hva den viste. Bearbeiding med den grafiske fremstillingen ble videre etterspurt i oppgavearket som elevene jobbet med. Se vedlegg 2 for nærmere innblikk i oppbygningen av elevproduktet som elevene fikk i oppgave å fylle ut digitalt.

Jupyter Notebook–filen som elevene fikk utdelt følger parallelt med det digitale oppgavearket elevene skulle besvare. Målet med Jupyter Notebook–filen var at den skulle gi resultater til visse steg i fremgangsmåten og oppgaver på oppgavearket. Det innebar å lage et spredningsdiagram av dataene elevene hadde fått fra simuleringen, lage et funksjonsuttrykk basert på en regresjonsanalyse av dataene og en grafisk fremstilling av dette funksjonsuttrykket. Videre skulle elevene skrive kode som lagde en grafisk fremstilling av halveringstid der funksjonsuttrykket de hadde fått skulle sammenliknes med modellen basert på den matematiske sannsynligheten for å kaste en sekser på en terning. Eleven fikk som en del av spørsmålene i oppdrag å klippe ut og lime inn deler fra Jupyter Notebook–filen til oppgavearket.

4.4.2 Spørreskjema

En vanlig måte å samle inn kvantitativ data på er gjennom spørreskjemaer. Avhengig av hvordan man strukturerer et spørreskjema, kan det benyttes som en metode for å samle inn kvantitative eller kvalitative data. Et spørreskjema må ikke utelukkende bestå av prekodete spørsmål, men kan også ha åpne spørsmål. I vår studie har vi benyttet et semistrukturert spørreskjema, som åpner for åpne spørsmål, der det er mulig å spørre elevene direkte om deres meninger og få svar i form av egenkomponert tekst fra elevene, samtidig som man kan stille spørsmål med forhåndsbestemte svaralternativer (Johannesen et al., 2021). Et slikt spørreskjema vil samle inn både kvantitative og kvalitative data. Vi valgte å gjennomføre spørreskjemaundersøkelsen gjennom Nettskjema da det regnes som “Norges sikreste løsning for datainnsamling til forskning” (nettskjema@usit.uio.no).

Spørreskjemaet ble strukturert i tre deler (se vedlegg 3) med prekodete og åpne spørsmål. Den første delen av spørreskjemaet besto av spørsmål for å beskrive utvalget og resultatene fra disse spørsmålene har allerede blitt presentert i delkapittel 4.2. Begrunnelsen for å kombinere åpne og prekodete spørsmål ligger i det Johannesen et al. (2021) skriver om ulike grader av strukturering. De prekodete spørsmålene gjør det enklere for respondenten å fylle ut skjemaet, mens de åpne spørsmålene gir muligheter for å fange opp informasjon ut over de oppgitte spørsmålene og svaralternativene. Åpne spørsmål er derfor hensiktsmessig å benytte når det er lite kunnskap om det som undersøkes eller det er vanskelig å lage gode svaralternativer.

Den andre delen av spørreskjemaet bestod av prekodete spørsmål der svaralternativene var i form av en skala. Vi har brukt Likert-skalaen som ifølge Frønes og Pettersen (2021) kan brukes

til å måle holdninger knyttet til et bestemt tema. Her ble det fremstilt ulike påstander der elevene ble bedt om å velge et av svaralternativene *helt enig*, *delvis enig*, *verken eller*, *delvis uenig* eller *helt uenig*. Vi har valgt å inkludere svaralternativet *verken eller* da vi tenker at det er rimelig å anta at enkelte elever vil forholde seg nøytrale til enkelte av påstandene og at det blir feil å tvinge de til å svare enig/uenig. Sturgis et al. (2014) hevder det er viktig å inkludere en midtkategori da det er et vesentlig mindretall som faktisk forholder seg genuint nøytrale til spørsmål som stilles. Å fjerne midtkategorien vil da tvinge disse personene til å svare noe som ikke representerer deres mening. De ulike påstandene var gruppert i tre ulike matriser der matrisene tok for seg henholdsvis temaene elevenes læringsutbytte, holdninger til modelleringsaktiviteten og opplevelser knyttet til modelleringsaktiviteten. Vi har i disse matrisene inkludert påstander som både er positivt og negativt formulert som støttes av Johannesen et al. (2021) for å unngå det de omtaler som *ja-siing*. *Ja-siing* vil si at deltakerne kan ha en tendens til å svare mer positivt hvis alle påstandene er positivt formulert enn om de er mer balansert i formuleringen.

Den siste delen av spørreskjemaet besto av fire åpne spørsmål, der det første spørsmålet tok for seg elevenes generelle meninger rundt opplegget, mens de tre siste henholdsvis omhandlet holdninger til modelleringsaktiviteten, elevenes læringsutbytte og følelser knyttet til modelleringsaktiviteten. Vi valgte åpne spørsmål til denne delen, da vi ønsket å få et innblikk i elevenes tanker og meninger. Vi mener det ville vært vanskelig å få et innblikk i elevenes tanker og meninger om vi kun hadde benyttet prekodete spørsmål. Ifølge Johannesen et al. (2021) gir åpne spørsmål større rom for å hente inn informasjon utenfor det som blir spurt etter, enn prekodete spørsmål. Når åpne spørsmål benyttes kan elevene selv formulere svar og uttrykke sine personlige tanker som ville vært vanskelig å få frem ut fra et prekodet spørsmål.

4.4.3 Logger etter undervisningsøkter

Vi hadde opprinnelig planlagt å gjennomføre observasjon under undervisningsopplegget der vi skulle fokusere på elevsamtaler innad i gruppene for å høre hvordan elevene uttrykte seg rundt modelleringsoppgaven. Dette er en rolle som likner *deltaker-som-observatør*, da man er deltaker under deler av undervisningen (Postholm & Jacobsen, 2018). Gjennomføringen av undervisningsopplegget ble preget av de tekniske utfordringene elevene møtte på under de tre første timene. De tekniske utfordringene medførte at de fleste elevene ikke klarte å gjennomføre programmeringen på egenhånd og dermed trengte mye hjelp fra oss. Av den grunn, ble direkte

observasjon og notering av elevsamtaler umulig å gjennomføre, da vi begge ble opptatte med å hjelpe elevene. Vi så det derfor nødvendig å ta rollen nærmere tilknyttet *fullstendig deltaker* da vi naturlig ble en del av det som ble observert. Vi valgte av den grunn å skrive logger etter undervisningsopplegget og gå bort fra observasjonsnotater underveis. Loggene ble nedskrevet rett etter undervisningstimene var omme, både etter tre-timers-økten og to-timers-økten den påfølgende uken. Loggene består i all hovedsak av beskrivelser rundt undervisningen, våre tanker rundt undervisningen, enkeltsitater/elevutsagn fra elevene som ble overhørt av oss og våre tanker rundt sitatene.

4.5 Analysemetoder

Vi har gjennom vårt undervisningsopplegg samlet inn elevprodukter og besvarelser på spørreskjemaer i tillegg til at vi har skrevet logger i etterkant av gjennomføringen. I dette delkapittelet vil vi beskrive de ulike analysemetodene vi har benyttet i elevproduktene og spørreskjemaene i denne studien. Vi har valgt å ikke analysere loggene, da de kun blir benyttet til å supplere de andre resultatene.

4.5.1 Analyse av elevprodukter

Til analysen av elevproduktene har vi valgt å ta utgangspunkt i et teoretisk rammeverk konstruert av Ludwig og Xu (2010). Med bakgrunn i de to rammeverkene presentert i delkapittel 2.2 ser vi på vurdering av modelleringskompetanse ut fra hvilket nivå elevene har oppnådd, slik Ludwig og Xu (2010) klassifiserer det, der vi lager oss kriterier som må oppfylles inspirert av rammeverket presentert av Galbraith og Stillman (2006). Ludwig og Xu (2010) konstaterer at dersom en elev oppnår et nivå, betyr det at de foregående nivåene også er oppnådd. Vi velger derimot at et oppnådd nivå ikke nødvendigvis betyr at alle de foregående nivåene er oppnådd. Dette begrunner vi ut fra det flere forfattere nevner om at modellering ikke er en lineær prosess (Blomhøj & Jensen, 2003; Blum & Ferri, 2009; Blum & Leiß, 2007). Elevene kan med andre ord hoppe over enkelte deler av modelleringsprosessen. For å oppnå et nivå må kriteriene for nivået være innfridd. Et slikt vurderingssystem gir oss muligheten til å si hvor langt i modelleringssyklusen elevene har kommet som vi ser på som elevenes oppnådde modelleringskompetanse.

De seks nivåene på modelleringskompetanse er justert induktivt basert på de innsamlede dataene. Vi har valgt å slå sammen de tre første nivåene slik at vi har fire nivåer istedenfor seks. De tre første nivåene representerer det å forstå, strukturere og forenkle situasjonen og se noen

matematiske sammenhenger. Siden elevene hadde en teoretisk gjennomgang av temaet halveringstid i timene før dette opplegget ble gjennomført, ser vi det fornuftig å slå sammen nivå 0, 1 og 2 da det å forstå situasjonen allerede er gitt for elevene. At elever ofte har en bakgrunnskunnskap når naturfaglige fenomener modelleres finner vi igjen i litteraturen i det Angell et al. (2011) skriver om modellering i fysikk, der de påstår at etablert og kjent teori ligger til grunn for modelleringen (se delkapittel 2.2). Dersom elevene ender på dette nivået skyldes dette at de da ikke klarer å strukturere og forenkle situasjonen eller å se noen sammenhenger med matematikk. Vi har kalt dette nivået for grunnleggende modelleringskompetanse da det å forstå, strukturere og forenkle situasjonen, samt å se noen matematiske sammenhenger er essensielle steg i modelleringsprosessen.

Videre har vi kalt nivå 3 for utprøvende modelleringskompetanse. Kriteriet for å havne her er at elevene sliter med å forstå de matematiske resultatene ut ifra den virkelige verden. Nivå 4 har vi kalt utøvende modelleringskompetanse og for å komme hit klarer elevene å lage modellen og forklare de matematiske resultatene ut fra den virkelige situasjonen. Det siste nivået har vi kalt reflektert modelleringskompetanse, da elevene som havner her viser refleksjon over modellen de har laget og/eller resultatene de har fått. Se tabell 1 for oversikt over våre nivåer og vurderingskriterier for å oppnå de ulike nivåene.

Tabell 1: Nivåer over modelleringskompetanse (Ludwig & Xu, 2010, s. 79), våre nivåer og vurderingskriterier.

Nivå	Beskrivelse (Ludwig & Xu, 2010)	Våre nivåer	Våre vurderinger
0	Elevene har ikke forstått situasjonen og er ikke i stand til å skissere eller skrive noe konkret om problemet.	Grunnleggende modelleringskompetanse	<ul style="list-style-type: none"> - Forstår ikke oppgaven/situasjonen. - Klarer ikke å lage grafisk fremstilling i programmet - Klarer ikke å se hvordan de kan bruke matematikk til å undersøke problemet.
1	Elevene forstår kun den virkelige situasjonen, men er ikke i stand til å strukturere og forenkle eller kan ikke finne sammenhenger til noen matematiske ideer.		
2	Etter å ha undersøkt den virkelige situasjonen, finner eleven en virkelig modell gjennom å strukturere og forenkle, men vet ikke hvordan denne overføres til en matematisk oppgave.		
3	Eleven kan ikke bare finne en virkelig modell, men oversetter den også til et matematisk problem, men kan ikke jobbe tydelig med det i den matematiske verden.	Utprøvende modelleringskompetanse	<ul style="list-style-type: none"> - Klarer å lage grafisk fremstilling & funksjonsuttrykk, men klarer ikke/i liten grad å forklare hva de henholdsvis viser eller betyr i denne sammenhengen. - Klarer å anslå halveringstiden ut fra den grafiske fremstillingen
4	Eleven kan plukke opp et matematisk problem fra den virkelige situasjonen, arbeide med dette matematiske problemet i den matematiske verden og få matematiske resultater.	Utøvende modelleringskompetanse	<ul style="list-style-type: none"> - Klarer å forklare hva funksjonsuttrykket betyr, eller hva den grafiske fremstillingen fra regresjonen viser i denne sammenhengen.
5	Eleven kan erfare den matematiske modelleringsprosessen og validere løsningen av et matematisk problem i forhold til den gitte situasjonen.	Reflekterende modelleringskompetanse	<ul style="list-style-type: none"> - Diskuterer modellens gyldighet (styrker/svakheter). - Kan anvende det de har gjort i liknende situasjoner

4.5.2 Analyse av spørreskjema

De kvantitative dataene fra de prekodete spørsmålene i spørreskjemaet har blitt analysert statistisk i Excel. Dataene vi har fått fra matrisene med påstander, består av det Johannesen et al. (2021) kaller ordinalvariabler. En slik kvantitativ variabel er data som rangeres logisk, der verdiene representerer grader av noe. Svarene fra elevene kommer i form av en skala der de har gradert hvor enige de er, som vi har oversatt til tallverdier i Excel (se tabell 2). Videre har tallverdiene blitt satt opp i en tabell i Excel for å få en oversikt over frekvensen av svar fra de ulike påstandene.

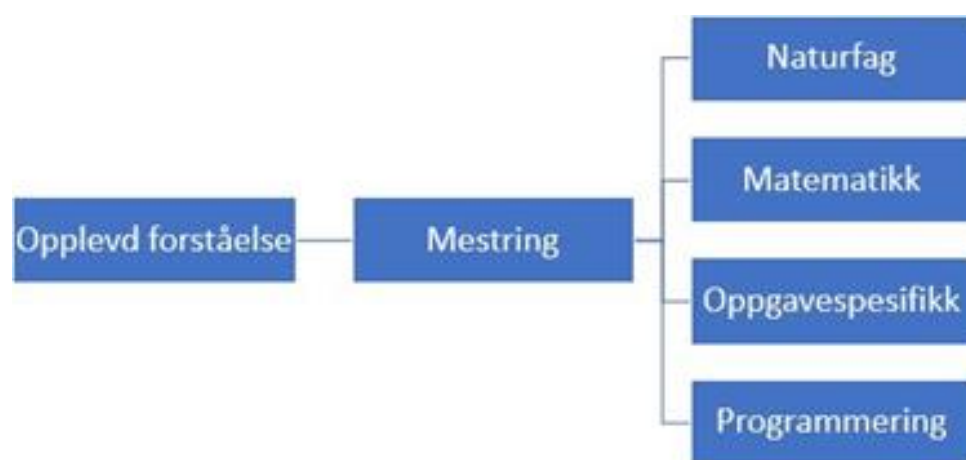
Tabell 2: Oversettelse av svaralternativer til tallverdi.

Svaralternativ	Tallverdi
Helt enig	5
Delvis enig	4
Verken eller	3
Delvis uenig	2
Helt uenig	1

De åpne spørsmålene fra spørreskjemaet har blitt analysert med en induktiv innholdsanalyse. Bakken og Andersson-Bakken (2021) beskriver innholdsanalyse som en velegnet metode for å gi en systematisk oversikt over meningsinnholdet i et tekstmateriale. I en induktiv innholdsanalyse utvikles kategorier ut fra tekstmaterialet man skal analysere ved at man ser etter likheter og forskjeller i dataene og søker etter mønstre (Graneheim et al., 2017). For å få en helhetlig forståelse av hva elevene mener har vi lest igjennom besvarelsene flere ganger slik Cohen et al. (2018) skriver er viktig før man starter å kode. Vi har valgt å danne koder ut ifra våre tolkninger av det elevene har skrevet. En slik koding omtales av Anker (2020) som empirinær koding, det vil si at kodene baseres på det empiriske materialet og utvikles induktivt fra det elevene har svart på spørreskjemaet. Vi har valgt en induktiv innholdsanalyse til disse dataene, da det er mulig å danne kategorier som kan fange opp nyanser ved besvarelsene, som kanskje ikke hadde vært mulig ved bruk av et etablert rammeverk fra tidligere forskning (Bakken & Andersson-Bakken, 2021). Hsieh og Shannon (2005) skriver at en fordel med induktiv innholdsanalyse er at den gir informasjon fra studiedeltakerne uten å plassere deltakernes besvarelser i forhåndsbestemte kategorier.

Kodingen av elevbesvarelsene fra de åpne spørsmålene i spørreskjemaet startet med at vi kodet fire besvarelser sammen, deretter kodet vi hver for oss, og sammenliknet kategoriene vi hadde dannet. Vi har valgt å avgrense en setning til en kode, selv om en setning kunne passe til flere koder og temaer. Det er et unntak til denne regelen og det er om en setning tar opp flere temaer, for eksempel om en elev uttrykker at vedkommende har fått bedre forståelse for programmering og modellering, vil setning deles i to og bli plassert i respektive koder. Etter denne første gjennomføringen dannet vi felles kategorier og koder som passet til resultatene. Denne prosessen ble gjentatt tre ganger, der vi etter hver gang gikk igjennom kategoriene og kodene i fellesskap. Før de to siste gjennomføringene utviklet vi kategoriene og kodene videre i samråd med veileder. En fjerde runde med koding ble gjennomført med disse kategoriene og kodene på en tilsvarende måte, der enkelte koder hadde blitt fjernet i samråd med veileder. Til slutt gjennomførte vi en femte koding, der vi kodet alle besvarelsene fra de åpne spørsmålene av spørreskjemaet sammen.

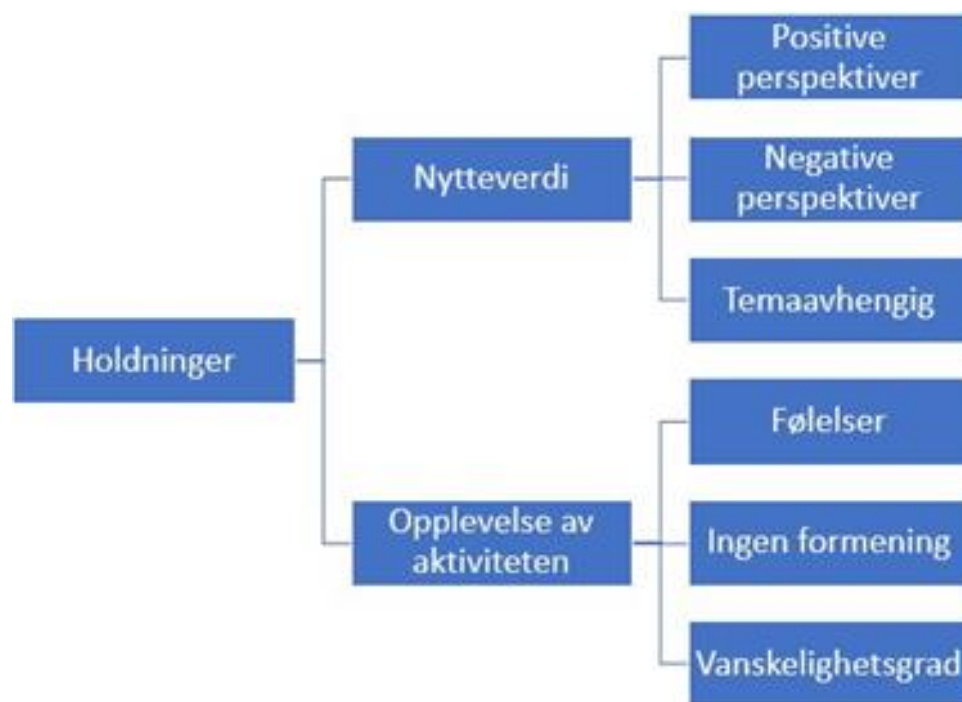
Etter våre tolkninger av elevbesvarelsene endte vi opp med følgende tre kategorier: *mestring*, *nytteverdi* og *opplevelse av aktiviteten* (se figur 11 og 12). Til vårt første forskningsspørsmål, som handler om opplevd forståelse, knytter vi kategorien *mestring*. For å skille på hva slags mestring som rapporteres har vi kategorisert *mestring* med fire ulike koder; *matematikk*, *naturfag*, *oppgavespesifikk* og *programmering* (se figur 11). Innad i de fire kodene har vi ikke gjort et skille på om elevene rapporterer om opplevd mestring eller fravær av mestring.



Figur 11: Oversikt over begrepskartet tilknyttet opplevd forståelse.

Til vårt andre forskningsspørsmål, som handler om hvilke holdninger elevene uttrykker, knytter vi kategoriene *nytteverdi* og *opplevelse av aktiviteten* med tilhørende koder (se figur 12). I

kategorien *nytteverdi* skiller vi på *positive perspektiver*, *negative perspektiver* og *temaavhengig*. I *positive perspektiver* har vi plassert alle besvarelsene vi tolker som at elevene ser/opplever det å bruke matematikk i naturfag som nyttig. Det som trekkes frem oftest er at matematikken gir økt forståelse om naturfagsfenomenet og at en del elever skriver at de har forstått at det går an å bruke matematikk i naturfag. I *negative perspektiver* plasseres besvarelsene fra elever som opplever liten nytte av å bruke matematikk i naturfag. Her rapporteres det blant annet at det gjør naturfaget vanskeligere og at noen ikke klarte å se sammenhengen mellom den matematiske modelleringen og naturfagsfenomenet. *Temaavhengig* inneholder de besvarelsene som rapporterer om at nytteverdien kommer an på hvilket tema det er snakk om. I den siste kategorien, som er *opplevelse av aktiviteten*, har vi dannet kodene *følelser*, *ingen formening* og *vanskelighetsgrad*. I *følelser* har vi plassert alle sitater der elevene rapporterer om tanker og følelser som vekkes under aktiviteten. Her har vi inkludert ord som *spennende*, *interessant*, *gøy*, *morsomt*, *kjedelig*, *forvirret*, *frustrert*, *kjipt* og *kult*, i tillegg til de som rapporterer at de synes timen var *veldig bra*. *Ingen formening* refererer til alle besvarelsene som vi tolker ikke har noen spesielle formeninger. Det som går igjen her er at flere rapporterer at undervisningen var *grei* eller at det var *ok*. I *vanskelighetsgrad* har vi plassert alle sitater der elevene rapporterer om vanskelighetsgraden. Ord som går igjen her er ord som *vanskelig* og *utfordrende*.



Figur 12: Oversikt over begrepskartet tilknyttet holdninger.

4.6 Reliabilitet og validitet

Når man prøver å gjennomføre forskning er det viktig å se på forskningens kvalitet, sett i lys av hvor stor tillit man har til det forskeren har funnet ut og hvilke konklusjoner som kan trekkes basert på dataene som er samlet inn (Postholm & Jacobsen, 2018). Dette referere til henholdsvis reliabilitet, indre validitet og ytre validitet.

4.6.1 Reliabilitet

Ifølge Postholm og Jacobsen (2018) knyttes reliabilitet til refleksjon over hvordan undersøkelsen og forskeren kan ha påvirket resultatet. De beskriver flere punkter som forskeren må ta hensyn til for å vise at studien er reliabel. Vi vil ta for oss fire av disse punktene, da vi ser på dem som relevante for vår studie, i tillegg til enkelte sider ved spørreskjemaet som må presenteres i tilknytning til reliabiliteten.

Det første punktet handler om relasjon mellom forsker og forskningsdeltaker (Postholm & Jacobsen, 2018). Vi har i denne studien inntatt rollen som aktiv deltaker da vi opererte som lærere i undervisningsopplegget. Vår tilstedeværelse i klasserommet kan ha hatt en påvirkning på elevenes atferd, slik Vedeler (2000) skriver om observatøreffekt, da elevene ikke har samme relasjon til oss som til faglærer. For å forebygge observatøreffekten besøkte vi klassen uken før, og presenterte oss selv og forskningsprosjektet, slik at vi ikke skulle være helt fremmede. I tillegg gjennomførte vi spørreundersøkelsen mens vi var til stede i klasserommet på slutten av økten. Vår deltakelse her kan ha påvirket elevene til å svare noe de tror at vi ønsker de skal svare eller som er sosialt akseptert, slik Cohen et al. (2018) skriver om feilrapportering i spørreundersøkelser. Som et motargument mot dette trekkes anonymitet opp som en fordel med spørreskjemaer der terskelen for å avgi ærlige svar blir lavere når deltakerne forblir anonyme. Under gjennomføringen av spørreskjemaet var vi kun til stede og var tilgjengelige dersom elevene hadde noen oppklaringsspørsmål. For å sikre reliabiliteten til spørreskjemaet har vi gått igjennom spørsmålene flere ganger i samråd med våre veiledere for å unngå ledende og uklare spørsmål.

Det andre punktet handler om forholdet mellom problemstilling og forskningsdeltakere (Postholm & Jacobsen, 2018). Dette handler om at deltakerne i studien har noe relevant å si knyttet til problemstillingen. Fordi vi er interessert i å undersøke elevenes opplevelse av en undervisning som omhandler matematisk modellering i naturfag, følger det logisk at elever som

har gjennomgått en slik undervisning vil kunne ha noe relevant å si om en slik undervisningsform.

Det tredje punktet handler om forskningens kontekst (Postholm & Jacobsen, 2018). Sett i lys av at LK20 fortsatt er relativt ny, kan elevenes ferdigheter rundt det nylig introduserte elementet programmering være mangelfull. For å kartlegge elevenes ferdigheter rundt programmering, valgte vi å spørre elevene uken før opplegget, om hvor mye programmeringserfaring elevene hadde fra tidligere. Vårt inntrykk var at de hadde tilstrekkelige ferdigheter til å kunne gjennomføre opplegget med den veiledningen som ble gitt i Jupyter Notebook-filen, da elevene uttrykte at de hadde holdt på med programmering i matematikk tidligere. Vårt inntrykk viste seg å være feil, noe som kan ha påvirket dataene vi har fått inn ved at elevene kan ha fokusert mer på programmering, enn på matematisk modellering i rapporteringen.

Det fjerde og siste punktet vi vil trekke frem fra Postholm og Jacobsen (2018), handler om at man har fått registrert alt det viktige. Loggene våre anser vi som reliable da vi satt oss ned og noterte observasjoner og inntrykk rett etter undervisningsøktene. Samtidig er det viktig å huske at en slik notering kun vil omfavne de hendelsene som sitter best i hukommelsen, da det er begrenset med lagringsplass for detaljert informasjon med begrenset nytteverdi (Postholm & Jacobsen, 2018). Når det gjelder elevproduktene ble de samlet inn først under den påfølgende økten, som vil si at det er mulig at enkelte av gruppene kan ha arbeidet videre med oppgavene mellom øktene. Dessuten ble elevproduktene preget av de tekniske utfordringene ved at de fleste gruppene ikke fikk tid til å besvare alle spørsmål. At deltakerne gir korte svar og at en betydelig andel ikke besvarer alle spørsmål er en utfordring som Tjora (2021) mener man bør forvente når man inkludere selvgenerert tekst i undersøkelser. Dette setter preg på analysen av elevproduktene og kan ha påvirket vår vurdering av elevenes modelleringskompetanse.

Det er også enkelte sider ved spørreskjemaet som både styrker og svekker reliabiliteten til svarene vi har samlet inn. For det første ble ikke spørreskjemaet gjennomført før den andre økten, som kan ha påvirket hva elevene husker fra den første gjennomføringen. For det andre ble valget av å inkludere midtkategorien i del to av spørreskjemaet gjort bevisst, da det gir elevene bedre mulighet til å avgi svar som passer deres syn. Ifølge Sturgis et al. (2014) kan reliabiliteten og validiteten til svarene svekkes dersom midtkategorien ikke inkluderes, siden deltakerne da tvinges til den ene siden av skalaen. Vi valgte som nevnt å inkludere denne midtkategorien og

går ut fra at svarene vi har fått her tilsvarer en nøytral mening rundt påstandene. Til analysedelen av de åpne spørsmålene i spørreskjemaet har vi som nevnt analysert besvarelsene hver for oss. Dette er blitt gjort fordi vi ønsket å kontrollere hvor likt vi kodet besvarelsene som en slags kontrollkoding. Ifølge Bakken og Andersson-Bakken (2021) bør man bruke et statistisk mål som tar høyde for at noe av sammenfallet kan være tilfeldig, og som avdekker små, men systematiske forskjeller i kodingen, for å kunne gi et bilde på hvor reliabel kodingen er. Vi har til vår koding benyttet Cohens kappa som beregnes ut ifra antallet ganger ulike kombinasjoner av kategorier forekommer i kontrollkodingen. Denne beregningen er basert på forekomsten av en kode fra hver elevbesvarelse og ikke antallet ganger koden forekommer i elevbesvarelsen. Dette begrunner vi av hensyn til at enkelte koder forekommer flere ganger gjennom en enkelt besvarelse, og at det er en mulighet for at vi har delt inn elevenes setninger i forskjellige størrelser; altså den ene kan ha kodet en setning til en kode, mens den andre kan ha delt opp en setning og plassert disse delene i samme kode. Vi ender med en kappaverdi på 0,71 som tilsvarer en substansiell enighet mellom kodingene våre etter Landis og Kochs skala (1977, s. 165, sitert i Bakken & Andersson-Bakken, 2021, s. 319). Dette ser vi på som et godt resultat som vil si at reliabiliteten til kodingen er god.

4.6.2 Indre validitet

Ifølge Postholm og Jakobsen (2018) dreier indre validitet seg først og fremst om det er samsvar mellom den virkeligheten vi påstår at vi studerer og analyserer, og de begreper og teorier vi benytter for å beskrive denne virkeligheten. Johannesen et al. (2021) benytter her begrepsvaliditet som omhandler spørsmålet om man måler det man ønsker å måle. To begreper vi må trekke frem til denne diskusjonen er om elevene klarte å skille mellom programmering og modellering. På grunn av mange tekniske utfordringer med programmeringen er det naturlig at enkelte av elevene vil trekke inn noe av dette i rapporteringen i spørreskjemaet. For å gjøre dette skillet så klart som mulig for elevene ble det påpekt eksplisitt før gjennomføringen av spørreundersøkelsen at programmering kun ble benyttet som et verktøy til modelleringen. Likevel er det en mulighet at enkelte elever ikke har oppfattet dette skillet og tolker spørsmål om modellering som spørsmål om programmering.

Et annet begrep som Johannesen et al. (2021) nevner i sammenheng med indre validitet er triangulering. Dette er en måte å styrke validiteten på ved at ulike metoder brukes for å

kryssjekke dataene (Vedeler, 2000). Vi har benyttet innsamling av elevprodukter og logger for å kryssjekke at det elevene rapporterer i spørreskjemaet er konsekvent. Vedeler trekker frem at fordelene med triangulering er at det kan styrke både validiteten og reliabiliteten til dataene som er samlet inn ved at metodene utfyller hverandres svakheter. Vi ser for eksempel på loggene som gode datakilder til å understøtte eller så tvil rundt elevenes besvarelser fra spørreskjemaet. I tillegg kan elevproduktene som ble samlet inn gi oss et bilde på hva elevene fikk ut av opplegget, som igjen kan sammenlignes med det elevene rapporterer i spørreskjemaet.

4.6.3 Ytre validitet

Til forskjell fra en kvantitativ undersøkelse, er det sjeldent mulig å gjøre en statistisk generalisering etter en kvalitativ undersøkelse, men det er mulig å overføre kunnskap til liknende situasjoner, så lenge situasjonen er beskrevet i detalj (Johannesen et al., 2021). Vi har i utvalget og beskrivelsen av undervisningsopplegget prøvd å skildre detaljer om elevene i klassen og om undervisningsformen, som kan være av relevans, om man ønsker å overføre kunnskapen fra vår oppgave til liknende situasjoner. Siden dette forskningsprosjektet kun baserer seg på en klasse, kan vi ikke påstå at kunnskapen kan overføres til andre situasjoner, men vi kan argumentere for at kunnskapen generert her kan være relevant i andre klasser som likner og som skal modellere halveringstid. I tillegg kan det være en viss overføringsverdi for lærere som ønsker å benytte programmering til å modellere et fenomen i naturfag, særlig knyttet til hvilke ferdigheter elevene burde ha på forhånd.

4.7 Forskningsetikk

Det er flere etiske prinsipper man må tenke over når man driver med forskning i klasserommet. Blant annet skal prosjekter som inneholder personopplysninger meldes til NSD – Norsk senter for forskningsdata for å sikre at prosjektet er i tråd med lovverket (Johannesen et al., 2021). Vi hadde i utgangspunktet ikke planer om å samle inn personopplysninger, som betyr at vi ikke hadde trengt å søke. Vi valgte likevel å søke NSD da vi besluttet å samle inn elevenes navn for å koble de til en kode. Slik kunne vi lettere finne tilbake til dataene fra enkeltelever, dersom noen skulle trekke sitt samtykke i etterkant av undervisningstimene. Prosjektet ble i forkant av gjennomføringen godkjent av NSD (se vedlegg 4).

Når man driver med forskning i klasserommet må man samle inn informert samtykke fra de det forskes på (Postholm & Jacobsen, 2018). Vi besøkte klassen en uke før gjennomføringen av

undervisningsopplegget, der vi delte ut samtykkeerklæringer med et informasjonsskriv til elevene (se vedlegg 5). Læreren leste gjennom informasjonsskrivet høyt for elevene slik at alle elevene skulle forstå hva det innebar å delta. Etter denne gjennomgangen åpnet vi for spørsmål fra elevene dersom det var noe de lurte på i forbindelse med prosjektet. De elevene som ønsket å delta i forskningsprosjektet signerte samtykkeerklæringen og deretter samlet vi inn skjemaene. Alle elevene i den aktuelle klassen var over 15 år som betyr at de kunne gi sitt samtykke til å delta i forskningen og alle valgte å være med på prosjektet.

For å sikre anonymiteten til elevene som samtykket til å delta på forskningsprosjektet, har vi gitt elevene en kode. Denne koden har blitt benyttet til å koble data sammen fra elevprodukter, spørreskjema og loggene. Vi har laget et dokument med oversikt over navn og kode, som er atskilt fra dataene vi har fått. Vi har gjort dette for å sikre anonymiteten og muliggjøre sletting av enkeltdeltakeres data. I stedet for å fylle inn navn på spørreskjemaet og elevproduktet skulle elevene fylle inn sin kode, på denne måten forblir deltakerne anonyme slik både Cohen et al. (2018) og Fowler (2014) anbefaler for å beskytte respondentens anonymitet. Vi har i tillegg valgt å tilegne smågruppene et tilfeldig tall fra 1–9, for å sikre anonymiteten ytterligere. Videre i teksten vil spesifikke elever omtales med sitt deltakernummer, som består av gruppenummeret og elevnummeret på gruppen. Et eksempel er elev 3-2, som henviser til gruppe 3 og elev nummer 2.

5. Resultat

I dette kapitlet vil vi presentere resultatene fra vår studie. Vi har valgt å strukturere resultatkapitlet etter våre to forskningsspørsmål. I delkapitlet om *modelleringskompetanse og forståelse* presenterer vi resultatene fra elevproduktene og svarene fra del to av spørreskjemaet som omhandler elevenes opplevde forståelse. Videre presenterer vi kategorien *mestring* fra analysen av de åpne spørsmålene i spørreskjemaet. I delkapitlet om *holdninger til matematisk modellering* presenterer vi de resterende resultatene fra del to av spørreskjemaet som omhandler *tanker/holdninger og opplevelser*. Videre presenterer vi kategoriene *nytteverdi og opplevelse av aktiviteten* fra analysen av de åpne spørsmålene fra spørreskjemaet. Utvalgte observasjoner og utdrag fra loggene vil bli presentert avslutningsvis i delkapittel 5.1 i forbindelse med modelleringskompetanse og opplevd forståelse.

5.1 Modelleringskompetanse og opplevd forståelse

Til vårt første forskningsspørsmål har vi fått resultater i form av elevprodukter og svar på spørreskjema. Elevproduktene vil videre bli presentert, der vi tar for oss eksempler fra hvert modelleringsnivå. Deretter vil vi se på hvordan elevene samlet svarer på påstandsspørsmålene og vise typiske eksempler på sitater som kobles til våre koder. Til slutt, i underkapitlene 5.1.1 og 5.1.2, vil vi presentere relevante observasjoner av det vi opplevde, knyttet til elevenes modelleringskompetanse og opplevde forståelse, beskrevet i loggene.

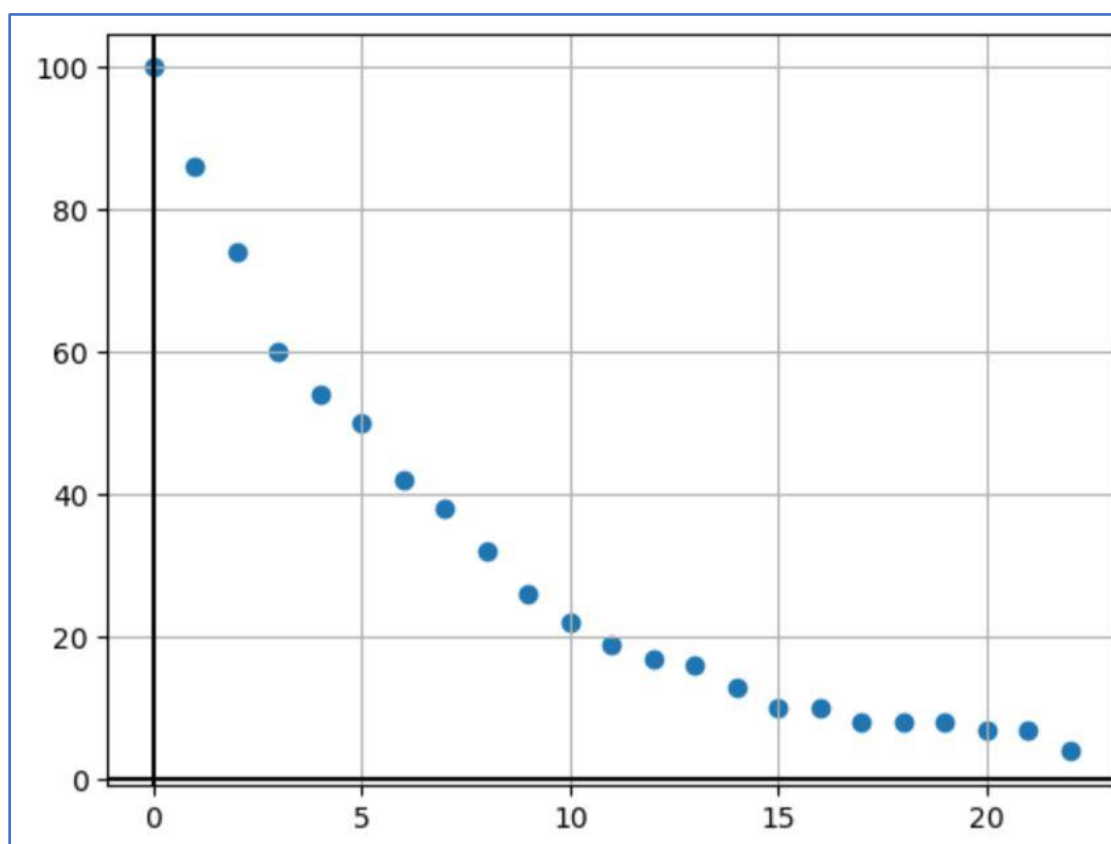
5.1.1 Modelleringskompetanse

Etter å ha analysert elevproduktene basert på rammeverket presentert i delkapittel 4.5 har vi vurdert hvor langt i modelleringssyklusen de ulike gruppene kom. Tabell 3 viser en oversikt over hvilket nivå de ulike gruppene har oppnådd. Vi har valgt å markere de produktene som oppfyller de kriteriene vi har spesifisert til de ulike nivåene, med *ja* i tabellen og de som ikke oppfyller kriteriene med *nei*. Her må vi presisere at et oppnådd nivå ikke nødvendigvis betyr at det foregående nivået er oppnådd, da enkelte elevprodukter innfrir kriterier for et høyere nivå uten å ha innfridd kriterier for det foregående nivået. Dette kan ses i tabellen der to av gruppene har oppnådd nivået *reflekterende modelleringskompetanse*, men ikke *utøvende modelleringskompetanse*. Det skyldes at besvarelsene her inneholder refleksjoner, men ikke forklaringer av det matematiske som skal til for å oppnå nivået *utøvende modelleringskompetanse*.

Tabell 3: Tabelloversikt over de ulike elevgruppers matematiske modelleringskompetanse

Nivå	Vurderingskriterier	Grupper								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grunnleggende modelleringskompetanse	- Forstår ikke oppgaven/situasjonen. - Klarer ikke å lage grafisk fremstilling i programmet. - Klarer ikke å se hvordan de kan bruke matematikk til å undersøke problemet	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Utprøvende modelleringskompetanse	- Klarer å lage grafisk fremstilling & funksjonsuttrykk, men klarer ikke/i liten grad å forklare hva de henholdsvis viser eller betyr i denne sammenhengen. - Klarer å anslå halveringstid ut fra den grafiske fremstillingen.	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Utøvende modelleringskompetanse	- Klarer å forklare hva funksjonsuttrykk betyr, eller hva den grafiske fremstillingen fra regresjonen viser i denne sammenhengen.	Ja	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja
Reflekterende modelleringskompetanse	- Diskuterer modellens gyldighet (styrker/svakheter). - Kan anvende det de har gjort i liknende situasjoner.	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei

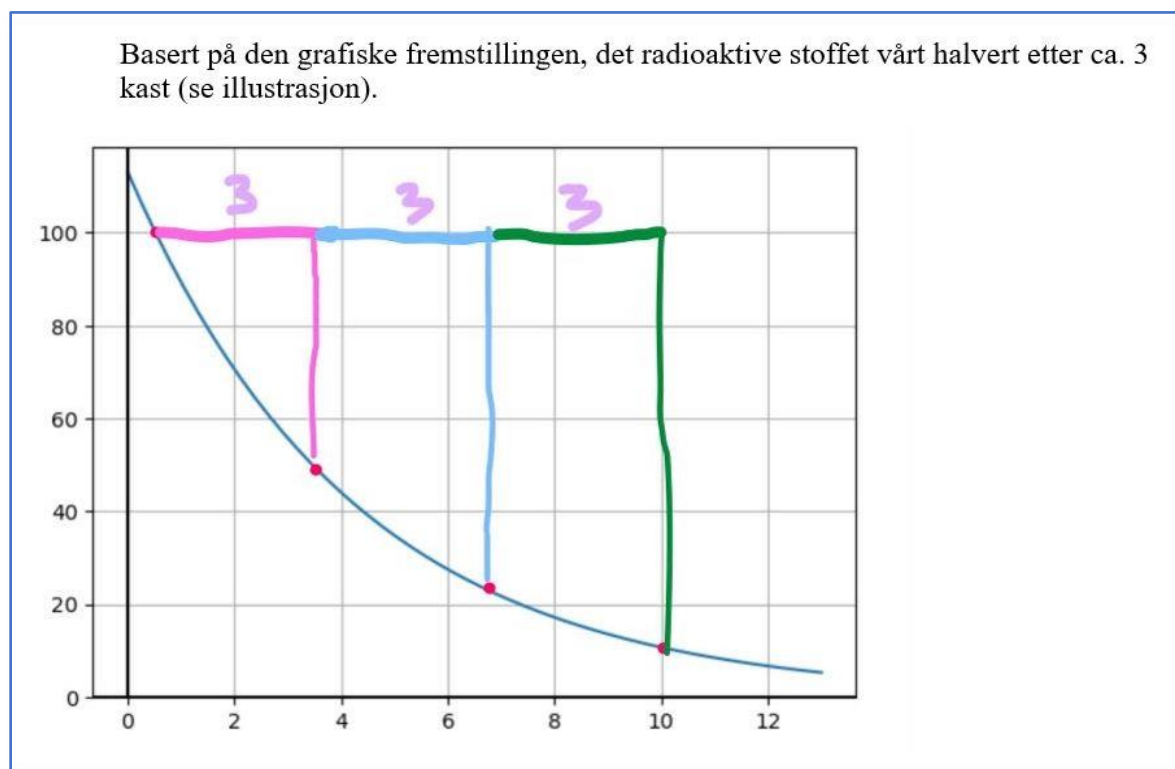
Ut ifra tabellen ser vi at alle gruppene har oppnådd nivåene *grunnleggende* og *utprøvende modelleringskompetanse* som betyr at alle gruppene har forstått situasjonen, fikk til å lage grafisk fremstilling og funksjonsuttrykk, men det var forskjeller på hva de ulike gruppene klarte å si om resultatene sine. Vi vil her trekke frem ulike eksempler på elevbesvarelser til de ulike nivåene. Nivået *grunnleggende modelleringskompetanse* oppnås dersom eleven har klart å sette opp et spredningsplott, da de har vist at de kan lage en grafisk fremstilling og ser at de kan bruke matematikk til å utforske situasjonen. Et eksempel på dette er fra gruppe 5, som viser en typisk fremstilling av spredningsplott, se figur 13



Figur 13: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 5. Viser at elevene har lagd en grafisk fremstilling av terningkastene.

For å vise et eksempel på nivået *utprøvende modelleringskompetanse* vil vi trekke frem besvarelsen til gruppe 6 der de viser hvordan de har anslått halveringstiden. Dette gjør de på en svært ryddig og oversiktlig måte som viser at de klarer å lage en grafisk fremstilling og bruke den grafiske fremstillingen til å utforske og anslå halveringstiden, se figur 14. Vi trekker frem

dette eksempelet da det er utypisk, sammenliknet med de andre gruppene som oppnådde utprøvende modelleringskompetanse, som benyttet ren tekst fremfor en visuell fremvisning. Et typisk eksempel kan tas fra gruppe 8, som skrev “Ca. 4. Vi så på grafen hvor mengden var blitt halvert, og fant hvor det punktet møtte x-aksen”.



Figur 14: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 6. Eksempel på at elevene har klart å lage en grafisk fremstilling og anslått halveringstid.

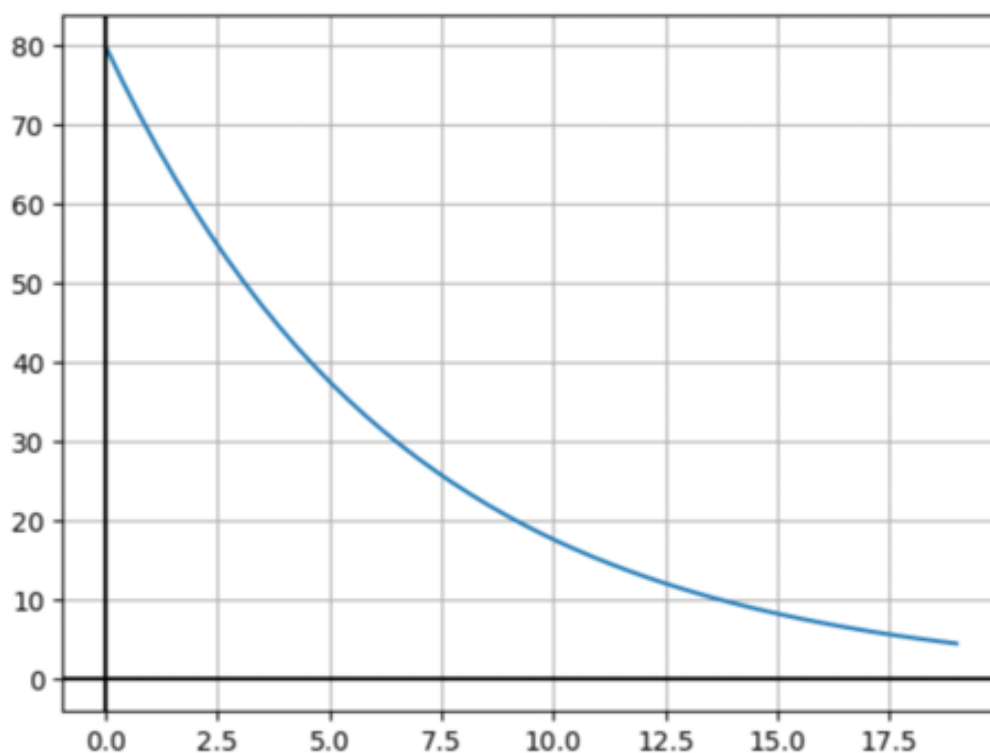
Et eksempel på nivået *utøvende modelleringskompetanse* er hentet fra gruppe 1, der de har laget den grafiske fremstillingen etter regresjonen og forklarer hva funksjonsuttrykket betyr i konteksten. Dette viser at elevene innad i denne gruppen kan jobbe matematisk med situasjonen og får matematiske resultater, se figur 15. Vi trekker frem denne besvarelsen, da den grafiske fremstillingen er typisk blant de andre gruppene som har oppnådd nivået *utøvende modelleringskompetanse*, men utypisk da dette er den eneste gruppen som redegjør for vekstfaktoren til grafen.

5. Bruk et program til å finne et funksjonsuttrykk som passer til den grafiske fremstillingen. Dette gjøres med Python-kode. Beskriv hva funksjonen forteller/betyr med deres egne ord med hensyn til temaet radioaktiv stråling:

- $f(x) = 79.81 * 0.86^x$ Funksjonen forteller oss at vi har en nedgang på ca. 14%.

6. Plot funksjonsuttrykket dere fikk i steg 5 i Python. Klipp og lim inn både funksjonsuttrykk og grafisk fremstilling her i tillegg til koden dere har brukt:

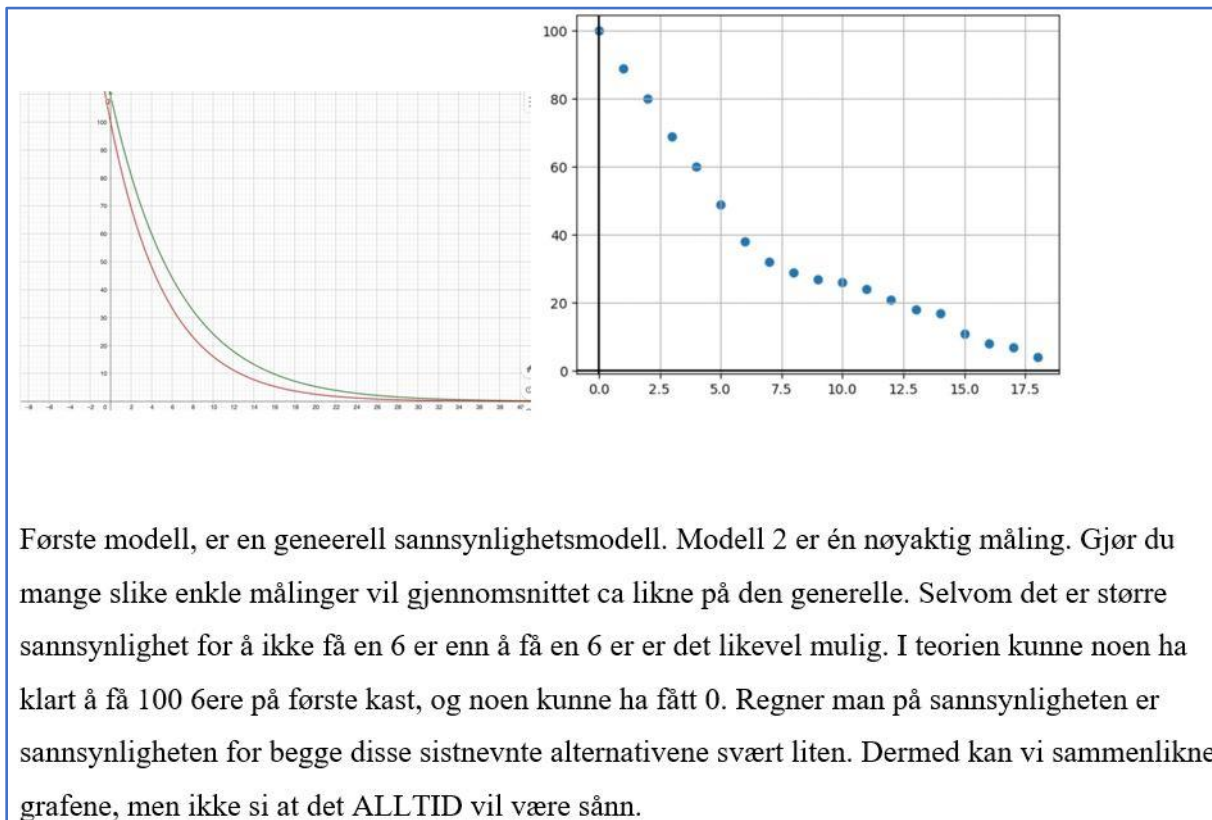
$$f(x) = 79.81 * 0.86^x$$



Figur 15: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 1. Et eksempel som viser at elevene kan jobbe matematisk med situasjonen og få et matematisk resultat.

Til slutt vil vi trekke frem et eksempel på nivået *reflekterende modelleringskompetanse* hentet fra gruppe 4, der de viser noe refleksjon rundt de to modellene de har laget. De forsøker å si noe om modellenes gyldighet som plasserer denne gruppen i nivået reflekterende modelleringskompetanse, se figur 16. Denne elevbesvarelsen er trukket frem, da den er tydeligere i sin refleksjon rundt modellens gyldighet, sammenliknet med den andre gruppen som

oppnådde reflekterende modelleringskompetanse. Gruppe 7 fokuserer mer på hvordan de kunne fått en annen halveringstid i sine refleksjoner.



Første modell, er en generell sannsynlighetsmodell. Modell 2 er én nøyaktig måling. Gjør du mange slike enkle målinger vil gjennomsnittet ca likne på den generelle. Selvom det er større sannsynlighet for å ikke få en 6 er enn å få en 6 er er det likevel mulig. I teorien kunne noen ha klart å få 100 6ere på første kast, og noen kunne ha fått 0. Regner man på sannsynligheten er sannsynligheten for begge disse sistnevnte alternativene svært liten. Dermed kan vi sammenlikne grafene, men ikke si at det ALLTID vil være sånn.

Figur 16: Utklipp av elevprodukt fra gruppe 4. Her viser de noe refleksjon rundt modellene de har laget.

Som vi kan se i tabell 3 er det kun to grupper som oppnår reflekterende modelleringskompetanse. Vi opplevde under gjennomgangen i den første undervisningsøkten at enkelte av elevene blant annet reflekterer seg imellom når de lager modellene. Som beskrevet i loggen (se vedlegg 7), hadde en elev i gruppe 6 lagt inn feil tall ved konstruksjon av modellen, men oppdaget dette fort ved sammenlikning og diskusjon med de andre på gruppen. Under gjennomgangen av den andre undervisningsøkten, da vi tilrettela for diskusjon av enkelte av oppgavene, opplevde vi varierende refleksjonsevne blant elevene. Som beskrevet i vedlegg 7 svarte gruppe 2 og 5 på oppgave 7 (se vedlegg 2): “Man klarer jo å anslå halveringstiden, så da er det vel bra?” og gruppe 6 svarte på den samme oppgaven: “Det er jo en fin graf”. Til oppgave 8 (se vedlegg 2) derimot, svarer elev 6-2 (som beskrevet i vedlegg 6): “Vi kan få en annen halveringstid ved å kaste terningene på nytt”, der elev 4-2 kom med et innspill: “Vi kan plukke ut andre terninger, da kan halveringstiden endre seg”.

5.1.2 Elevenes opplevde forståelse

De prekodete spørsmålene i spørreskjemaet som benyttes til å belyse det første forskningsspørsmålet handler om elevenes opplevde forståelse av halveringstid og mestring av modelleringen. Resultatene fra denne delen av spørreskjemaet presenteres først i tabell 4¹, deretter i et boxplot², for å få en oversikt over tendensen av svarene, se figur 17.

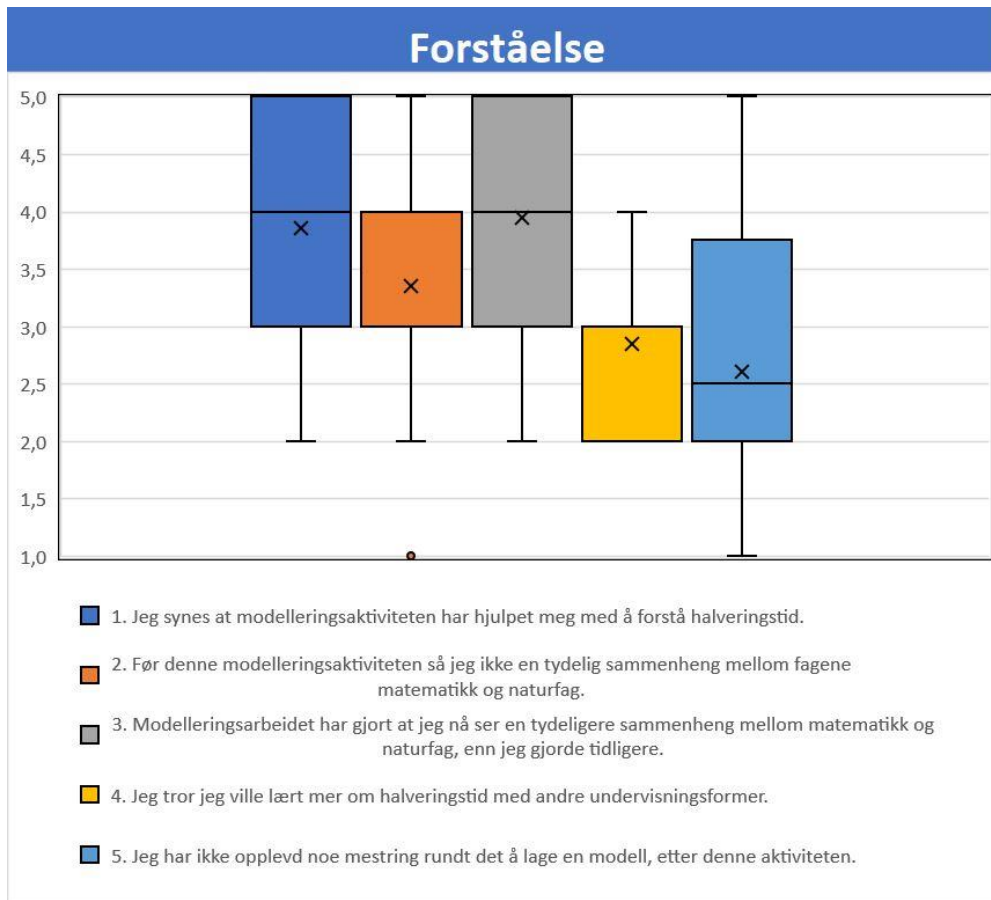
Tabell 4: Elevenes besvarelser på de fem første påstandene, sett opp mot modelleringskompetansenivå og antall tidligere modelleringserfaringer.

Elevnummer	Modelleringskompetanse	Antall tidligere modelleringserfaringer	Påstander om forståelse				
			1.	2.	3.	4.	5.
1-1	Utøvende	0	4	2	4	3	2
1-2		1-2	4	3	4	3	5
2-1	Utprøvende	6+	5	4	5	2	1
2-2		6+	4	3	3	2	2
3-1	Utøvende	1-2	5	2	3	2	2
3-2		6+	5	4	5	4	2
4-1	Reflekterende	1-2	3	3	3	3	3
4-2		1-2	3	2	2	2	3
5-1	Utprøvende	3-5	2	4	2	4	4
5-2		6+	5	4	5	3	1
6-1	Utøvende	0	5	3	5	3	1
6-2		0	4	5	5	2	4
6-3		0	5	5	5	2	2
7-1	Reflekterende	1-2	4	4	5	3	2
7-2		1-2	3	4	3	3	3
8-1	Utprøvende	1-2	2	1	4	4	3
8-2		1-2	3	3	4	3	3
9-1	Utøvende	0	5	3	5	2	1
9-2		0	3	3	4	3	4
9-3		1-2	3	5	3	4	4

¹ Besvarelsene i tabell 4 og 7 er formatert i fargekoder, der grønn assosieres positivt og rød assosieres negativt. Det er viktig å merke at «5» ikke er et positivt svar ved alle spørsmål, dermed forekommer det tilfeller av røde 5-ere og grønne 1-ere. Dette gjelder påstand 2,5,8 og 14, da de påstandene er formulert negativt. Se vedlegg 3 for oversikt over påstandene i spørreskjemaet.

² Boxplot-et illustrer med en boks hvilke svaralternativer som utgjør 50% av besvarelsene. Utstikkerstrekene over og under boksen illustrer kvartiler - svaralternativer som utgjør 25%. Enkelte bokser har kun en utstikkerstrek, da betyr det at boksen dekker 75% av alle besvarelsene. Krysset i boksen illustrer gjennomsnittet, samtidig som den horisontale streken i boksen illustrer medianen. I de boksene der den horisontale streken ikke er synlig, ligger den i en av endene til boksen. Enkelte bokser har en liten dott over eller under seg, dotten representerer besvarelser langt utenfor det typiske som besvares. Den vertikale aksens i våre boxplot består av tall mellom 1 og 5, der tallene representerer en skala fra «helt uenig» (1) til «helt enig» (5), se tabell 2 for en oversikt over hva tallverdiene representerer.

I tabell 4 er en oversikt over alle svarene elevene avga på de fem første påstandsspørsmålene som omhandlet det vi så på som opplevd forståelse. I tabellen er elevene gruppert med samarbeidspartneren de hadde under aktiviteten, samtidig som modelleringskompetansenivået de oppnådde og antall modelleringserfaringer de rapporterte fra tidligere i naturfag, er oppgitt i samme rad. Besvarelsene elevene har gitt på påstandene er formatert med farge, der rød representerer et negativt svar og grønn er et positivt svar.



Figur 17: Boxplot av elevenes svar fra påstandene som handlet om kategorien "forståelse".

Basert på boxplot-et i figur 17 kan man se at flertallet av besvarelsene til den første påstanden: *Jeg synes at modelleringsaktiviteten har hjulpet meg med å forstå halveringstid* har havnet mellom *verken eller* (3) og 5. Man kan se at medianen er på *delvis enig* (4) og at gjennomsnittet for denne påstanden ligger nærme 4. Til den andre påstanden: *Før denne modelleringsaktiviteten så jeg ikke en tydelig sammenheng mellom fagene matematikk og naturfag*, kan man se ut ifra figuren at halvparten av besvarelsene ligger mellom 3 og 4 samtidig som de resterende besvarelsene har havnet i intervallene *delvis uenig* (2) – 3 og 4 – 5. Medianen av besvarelsene til

denne påstanden ligger på 3, og gjennomsnittet ligger på ca. 3,4. Basert på resultatene fra den andre påstanden vises en tendens at elevene ikke så en tydelig sammenheng mellom fagene matematikk og naturfag før modelleringsaktiviteten.

Til den tredje påstanden: *Modelleringsarbeidet har gjort at jeg nå ser en tydelig sammenheng mellom matematikk og naturfag, enn jeg gjorde tidligere* kan man se at flertallet av besvarelsene havner mellom 3 og 5, da boksen dekker de nevnte alternativene. Videre kan man se at de resterende besvarelsene havner mellom 2 og 3, og at medianen og gjennomsnittet ligger på rundt 4. Til den fjerde påstanden: *Jeg tror jeg ville lært mer om halveringstid med andre undervisningsformer*, ser man flertallet av besvarelsene ligger mellom 2 og 3, og at de resterende befinner seg mellom 3 og 4. Man kan også se fra figuren at gjennomsnittet ligger nærme 3, sammen med medianen. Basert på resultatene fra påstand fire, kan man se en tendens i at flertallet av elevene forholder seg delvis uenige eller nøytrale til, at de ville lært mer om halveringstid med en annen undervisningsform.

Fra den siste påstanden: *Jeg har ikke opplevd noe mestring rundt det å lage en modell, etter denne aktiviteten*, kan man se fra figuren at elevene svarer spredt. Her har halvparten av besvarelsene havnet mellom 2 og 3,75, samtidig som de resterende besvarelsene ligger i intervallene 1-2 og 3,75-5. Videre kan man se fra figuren at medianen er 2,5 og gjennomsnittet ligger over medianen på ca. 2,6. Basert på resultatene kan man si at elevene svarer svært spredt til denne påstanden, men siden gjennomsnittet og medianen er under 3, kan det tyde på at et lite flertall er delvis uenige i denne påstanden. Samtidig er det verdt å merke at det er et vesentlig mindretall som er delvis enige i at de ikke har opplevd mestring rundt modellering etter denne aktiviteten.

En kategori som går igjen flere steder i elevbesvarelsene fra de åpne spørsmålene i spørreskjemaet er som nevnt i delkapittel 4.5 *mestring*. I alle de fire kodene vi dannet under analysen, er det både besvarelser som rapporterer om opplevd mestring og besvarelser som rapporterer om fravær av mestring. Se tabell 5 over antall besvarelser som har rapportert noe om de ulike kodene.

Tabell 5: Oversikt over koder til kategorien “mestring”. Viser både totalt antall elever som refererer til oppgitt kode, og totalt antall referanser som har blitt koblet til hver kode.

Kode	Antall elevbesvarelser	Totalt antall referanser
Matematikk	5	6
Naturfag	13	18
Oppgavespesifikk	13	19
Programmering	15	24

Koden *matematikk* representerer besvarelser som rapporterer spesifikt om mestring eller utfordringer knyttet direkte mot matematiske kunnskaper. Flertallet av referansene til koden *matematikk* er knyttet til utfordringer som elevene opplever. Koden *naturfag* viser til elever som rapporterer om mestring/forståelse av naturfagsfenomenet. Flertallet av referansene til koden *naturfag* er knyttet til uttrykt opplevd forståelse av naturfagsfenomenet halveringstid, men det er også eksempler på elever som ikke opplever forståelse. I koden *oppgavespesifikk* har vi inkludert referanser som innebærer mestring og utfordringer rundt oppgaven og modelleringen. Her har også referanser som innebærer at elevene uttrykker at de ikke har forstått noen ting blitt inkludert, da mangelen på forståelse kan skyldes oppgaven. I koden *programmering* har vi inkludert alle referansene som omhandler programmeringen, både de som rapporterer om mestring og de som rapporterer om utfordringer. Typiske sitater fra elevene er presentert i tabell 6.

Tabell 6: Eksempler på sitater fra spørreskjemaet, i kategorien “mestring”.

Kode	Eksempler på sitater
Matematikk	<ul style="list-style-type: none"> - Jeg synes at å involvere matematikk i naturfag gir mening [...], men med den graden matematikk vi har nå så blir det veldig vanskelig. (1-2) - Temaet var veldig nytt, så jeg tror hvis man hadde dratt in matten senere i læringsprosessen hadde det gått bedre. (5-1)
Naturfag	<ul style="list-style-type: none"> - Under aktiviteten så fikk jeg et bedre innsyn på halveringstid og radioaktivitet fordi jeg fikk se det med egne øyne på en graf hvordan dette fungerer. (3-1) - Modelleringsaktiviteten har bidratt til at jeg skjønnte halveringstid og radioaktivitet litt bedre. Jeg følte ikke veldig mye mestring fordi jeg var avhengig av makkeren min for å forstå hva vi skulle gjøre, men følte litt mestring når vi fikk det til. (2-2) - Jeg har ikke lært mye om halveringstid og radioaktivitet. (9-3) - Det har fått meg til å skjønne mer om hvordan halveringstid funker med at man gjør det og ikke leser om det. (6-2)

	<ul style="list-style-type: none"> - Modelleringsaktiviteten hjalp meg litt med å forstå halveringstiden av radioaktive stoffer, men det er mest fordi jeg så en sammenheng med det vi hadde lært timene før. (7-2) - Jeg synes det var lærerikt å bruke grafer i naturfag selv om det ikke er så overraskende siden bølger allerede likner på funksjoner. [...], og vi har brukt det i naturfag før da vi brukte en chip til å se om egget ville knuse ved fall fra andre etasje før vi brukte ekte egg. (5-2) - Jeg sitter igjen med kunnskap om halveringstid og en bedre forståelse av koding. (3-2)
Oppgavespesifikk	<ul style="list-style-type: none"> - Jeg har lært hvordan man programmerer i Jupiter Notebook og en del om halveringstid til radioaktive stoffer, om hvordan det fungerer i praksis. Min opplevelse av modelleringen var at jeg klarte de fleste oppgavene. Rakk ikke alle, men forstår mer av hvordan man utfører oppgaver om modellering. (9-1) - Jeg føler egentlig ikke at jeg har forstått eller lært noe i dag eller på fredag, noe som er litt kjipt siden jeg har veldig lyst til å lære. (9-2) - Ut ifra det Word-dokumentet oppgavene lærte jeg mye og fikk en forståelse. Når vi hadde modellene klare og ferdige var de greie å jobbe med, men det å lage de var ikke helt min greie, selv om vi fikk det til. (4-2)
Programmering	<ul style="list-style-type: none"> - Jeg har lært programmering bedre som kan hjelpe meg når vi skal lage grafer i matte siden jeg tenker på det annerledes. (5-2) - Jeg har lært meg flere og ulike typer koder. Den har vist meg hvordan programmering kan være til hjelp når det kommer til halveringstid og radioaktivitet. (4-1) - Jeg har lært litt om hvordan man skal sette opp et program i Python. (7-1) - Synes det er helt ok å blande fagene, men ville nok likt bedre å bruke andre typer matematikk enn programmering, igjen kun fordi jeg er svært dårlig teknisk. (4-2)

Under gjennomgangen av oppgavene i den andre undervisningsøkten opplevde vi som beskrevet i loggene (se vedlegg 6 og 7) at elevene har forstått situasjonen som modelleres og at de mestrer naturfagsfenomenet. Til steg 3 på oppgavearket (se vedlegg 2) svarte elev 6-2: “Den grafiske fremstillingen viser hvor mange terninger vi har igjen. Vi tar ut sekserne hver gang og da får vi færre og færre terninger”. Dette er en forklaring på det første spredningsplottet elevene skulle lage. Til oppgave 4 på oppgavearket svarte elev 2-2: “Det simulerer at et stoff avgir radioaktiv stråling.” og elev 1-1:” En sekser er strålingen et stoff sender ut”. I tillegg svarte elev 6-3: “En sekser på terningen betyr at en atomkjerne har sendt ut radioaktiv stråling”. Elevene forklarer her

at å kaste en sekser på en terning er analogt med at et radioaktivt stoff sender ut stråling som er det modelleringen skal vise.

5.2 Holdninger til matematisk modellering i naturfag

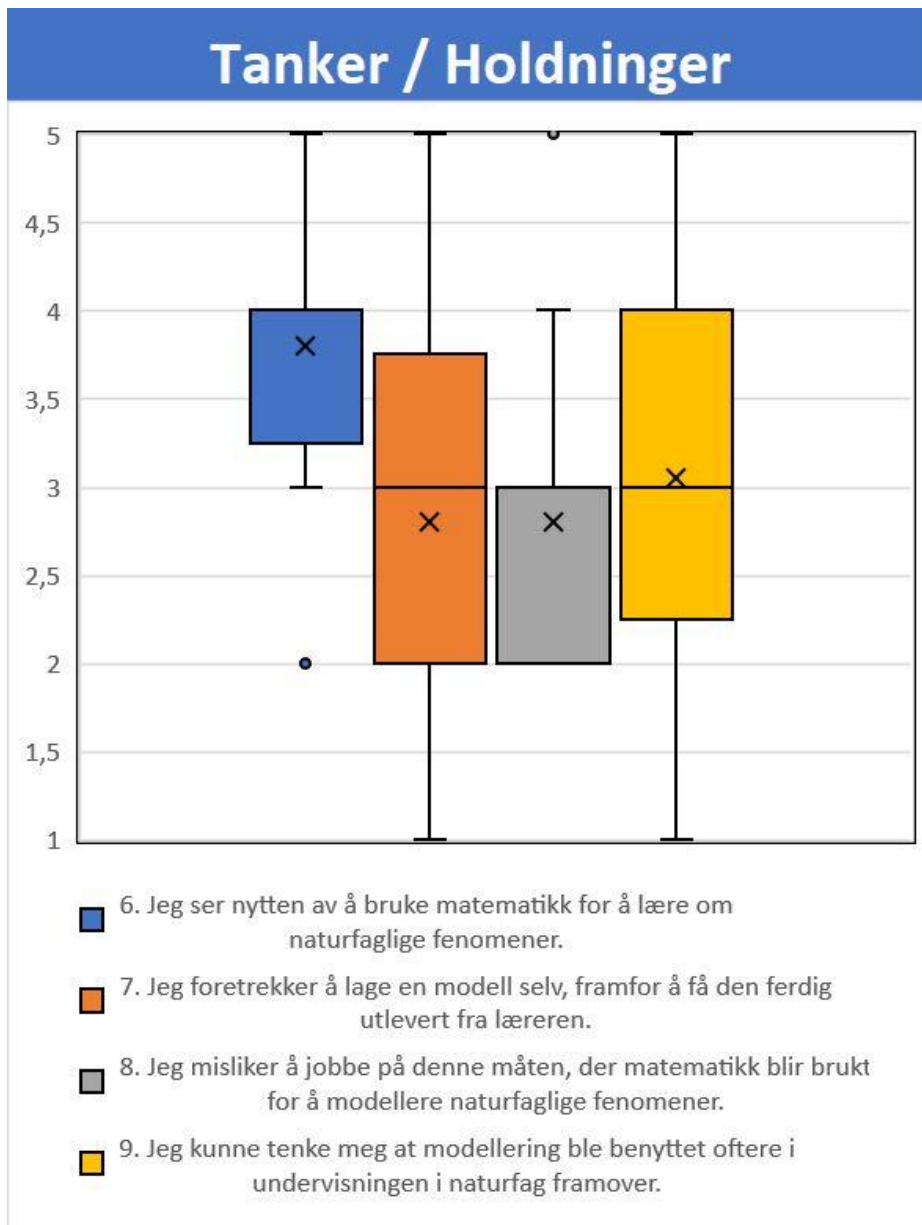
Til dette forskningsspørsmålet vil det være særlig fokus på resterende spørsmål fra spørreskjemaet. Dette gjelder de prekodete spørsmålene i spørreskjemaet som handler om *tanker/holdninger* og *opplevelser*, og resultatene fra analysen av de åpne spørsmålene fra spørreskjemaet med kategoriene *nytteverdi* og *opplevelse av aktiviteten*.

5.2.1 Elevenes rapporterte holdninger og opplevelser

Resultatene vi har fått fra de prekodete spørsmålene i spørreskjemaet blir vist i tabell 7 og er strukturert som tabell 4 i underkapittel 5.1.1. Videre viser vi tendensen av elevenes besvarelser til påstandene i spørreskjemaet, i boxplot. Først vil alle elevbesvarelsene til påstandsspørsmålene vises, deretter resultatene som gjelder elevenes rapporterte holdninger i boxplot-et med tittel *Tanker/holdninger* (se figur 18) og resultatene rundt elevenes opplevelser i boxplot-et med tittel *Opplevelser* (se figur 19).

Tabell 7: Elevenes besvarelser på påstandsspørsmål 6-14

Elevnummer	Modelleringskompetanse	Antall tidligere modellerings-erfaringer	Påstander om holdninger og følelser								
			6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1-1	Utøvende	0	5	4	2	3	4	3	4	4	3
1-2		1-2	4	2	5	1	2	1	1	1	5
2-1	Utprøvende	6+	4	4	2	5	5	5	4	5	1
2-2		6+	4	3	3	4	5	4	3	4	2
3-1	Utøvende	1-2	4	3	3	2	5	4	5	4	1
3-2		6+	5	4	2	5	5	5	4	4	3
4-1	Reflekterende	1-2	4	2	2	3	4	4	3	3	3
4-2		1-2	4	1	3	1	4	4	2	3	1
5-1	Utprøvende	3-5	2	5	4	3	3	1	3	2	3
5-2		6+	4	3	2	3	5	5	5	5	1
6-1	Utøvende	0	4	4	2	4	5	5	4	5	1
6-2		0	4	2	2	4	5	4	4	4	2
6-3		0	4	2	3	3	4	3	4	3	1
7-1	Reflekterende	1-2	3	2	2	3	5	4	4	4	2
7-2		1-2	3	3	4	3	3	2	2	2	3
8-1	Utprøvende	1-2	4	2	2	3	3	3	3	4	4
8-2		1-2	3	2	3	2	3	2	2	2	4
9-1	Utøvende	0	4	3	3	4	5	4	4	4	1
9-2		0	4	2	3	3	3	2	3	2	4
9-3		1-2	3	3	4	2	2	3	1	2	5

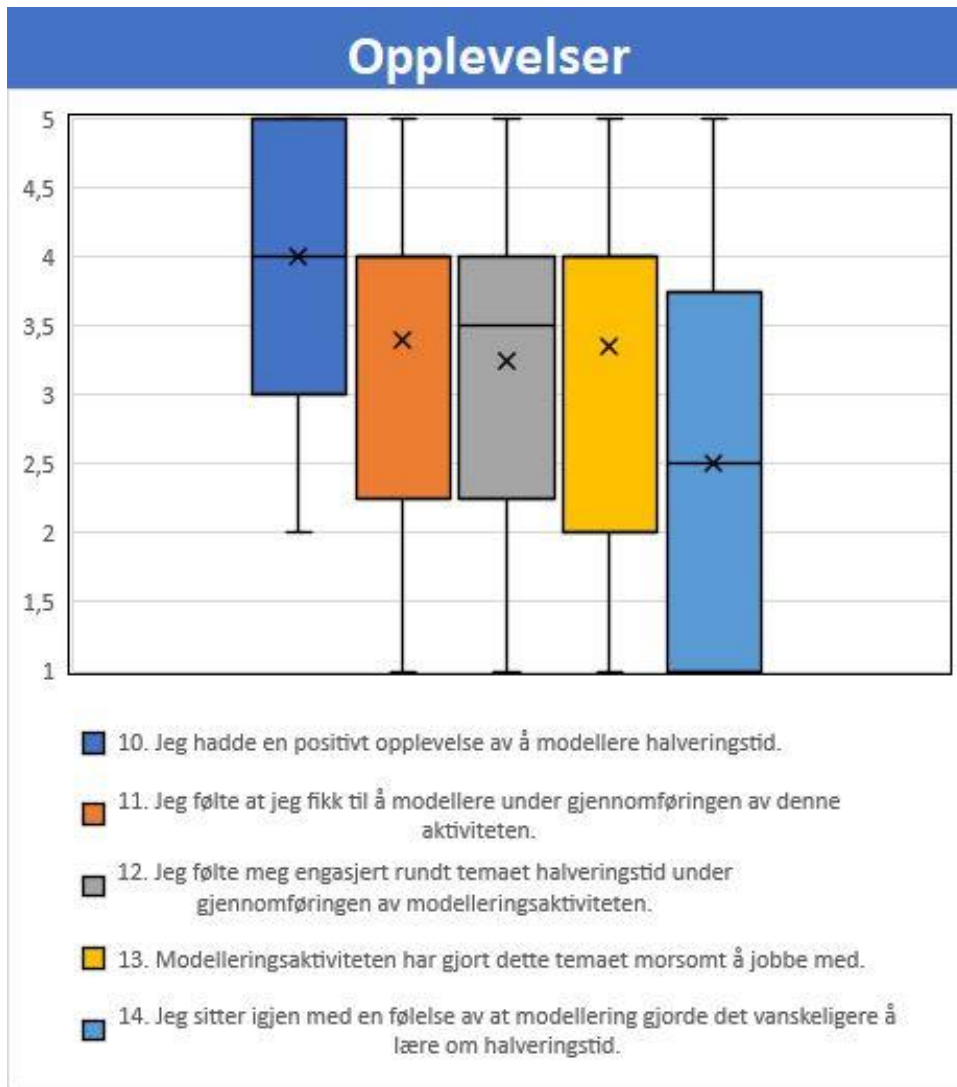


Figur 18: Boxplot av elevenes rapporterte tanker / holdninger til modelleringsopplegget.

Fra figur 18 kan man se at halvparten av besvarelsene til den sjette påstanden: *Jeg ser nytten av å bruke matematikk for å lære om naturfaglige fenomener* befinner seg mellom 3,25 og 4. De resterende besvarelsene til påstanden befant seg i intervallene 3 – 3,25 og 4 – 5. Fra figuren ser man at gjennomsnittet er ca. 3,8 og at medianen er 4. Basert på resultatet fra denne påstanden tyder det på at flertallet av elevene er delvis enige i at de ser en nytte ved å bruke matematikk for å lære om naturfaglige fenomener, da hovedvekten av besvarelser befinner seg over 3. Til den syvende påstanden: *Jeg foretrekker å lage en modell selv, framfor å få den ferdig utlevert av*

læreren, ser man at halvparten av besvarelsene omfatter alternativer fra 2 til 3,75, et slikt område omfatter en større del av diagrammet. I tillegg befinner de resterende besvarelsene seg i de resterende områdene på diagrammet. Man kan se at medianen til påstand syv ligger på 3 og at gjennomsnittet er ca. 2,8. Det kan antydes at det er en større vekt av elevene som er litt uenige i denne påstanden, da det er flere som har svart at de er litt uenig i forhold til antallet som svarte at de var litt enig.

Til den åttende påstanden: *Jeg misliker å jobbe på denne måten, der matematikk blir brukt for å modellere naturfaglige fenomener*, kan man se at flertallet av besvarelsene ligger på 2 og 3, mens de resterende besvarelsene befinner seg på svaralternativ 4. Medianen til påstand åtte befinner seg på 3, mens gjennomsnittet ligger på 2,8. Resultatet fra den åttende påstanden tilsier at flertallet av elevene er delvis uenige, eller ikke har noen formening om at de misliker å jobbe med matematikk for å modellere naturfaglige fenomener, da medianen ligger på alternativet *verken eller* og gjennomsnittet ikke er langt ifra dette alternative. På den niende påstanden: *Jeg kunne tenke meg at modellering ble benyttet oftere i undervisningen i naturfag framover*, kan man se at halvparten av besvarelsene omfavner svaralternativer fra 2,25 til 4, og de resterende besvarelsene befinner seg på de resterende delene av diagrammet. Videre ser man at medianen er på 3 og gjennomsnittet ligger på ca. 3,1. Resultatene gir en indikasjon på at elevene svarer veldig forskjellig seg imellom, da alle svaralternativer har blitt benyttet av elevene.



Figur 19: Boxplot av elevenes rapporterte opplevelser rundt modelleringsaktiviteten.

Basert på figur 19 kan man se at på påstand 10: *Jeg hadde en positiv opplevelse av å modellere halveringstid*, har elevene avgitt minst 75% av svarene sine mellom alternativ 3 – 5, mens de resterende svarene befinner seg på 2 – 3. Man kan se at medianen og gjennomsnittet for denne påstanden er på 4. Til påstand 11: *Jeg følte at jeg fikk til å modellere under gjennomføringen av denne aktiviteten*, kan man se at halvparten av besvarelsene befinner seg mellom 2,25 – 4 og resten av besvarelsene befinner seg på de resterende delene av diagrammet. Man kan også se at gjennomsnittet her er på rundt 3,4, mens medianen er på 4. Dette resultatet indikerer at elevene har besvart påstanden spredt, men at flertallet følte at de fikk til å modellere gjennom aktiviteten. Til påstand 12: *Jeg følte meg engasjert rundt temaet halveringstid under gjennomføringen av modelleringsaktiviteten*, kan man se at boksen omslutter området fra 2,25 – 4, videre befinner de

resterende svarene seg ellers i diagramområdet. Denne påstanden har en median på 3,5 og et gjennomsnitt på 3,3. I likhet med den forrige påstanden, ser man at elevene har besvart den spredt, men at det her også er et lite flertall som opplevde at de følte seg litt engasjert rundt temaet halveringstid under modelleringsaktiviteten. Det skal dog sies at boksen og gjennomsnittet er rundt svaralternativ 3, som indikerer en mer nøytral stilling til denne påstanden kontra den forrige.

Til påstand 13: *Modelleringsaktiviteten har gjort dette temaet morsomt å jobbe med*, ser vi at elevene har besvart spredt, ved at halvparten av besvarelsene faller mellom alternativ 2 og 4, mens de resterende svarene havner i intervallene 1 – 2 og 4 – 5. Medianen er i dette tilfellet 4, og gjennomsnittet er ca. 3,4. Resultatene indikerer her at elevene holder seg forholdsvis nøytrale til at modelleringen har gjort temaet morsommere å jobbe med, da enkelte er helt uenig og andre er helt enig. Det kan likevel ses en tendens til at elevene er litt enige i denne påstanden, da gjennomsnittet og medianen er større enn 3. Fra den siste påstanden: *Jeg sitter igjen med en følelse av at modellering gjorde det vanskelig å lære om halveringstid*, kan man se at 75% av besvarelsene er innenfor svaralternativene 1 og 3,75, mens de resterende besvarelsene befinner seg i området 3,75-5. Videre kan man se at medianen og gjennomsnittet er på 2,5. Her ser man at de fleste elevene svarer mellom 1 og 3. På grunn av at gjennomsnittet og medianen er lave, indikerer dette at elevene har en tendens til å være uenig i at modelleringsaktiviteten gjorde det vanskeligere å lære om halveringstid.

5.2.2 Nytteperspektiv og elevenes opplevelse av aktiviteten

For å svare på spørsmålet i spørreskjemaet som omhandler hva elevene synes om å bruke matematikk i naturfag, etter modelleringsaktiviteten vi har gjennomført, er det svært mange som kommer inn på nytteverdi i besvarelsene. Dette ble derfor en egen kategori og inneholder kodene positive perspektiver, negative perspektiver og temaavhengig (se figur 11). Se tabell 8 for en oversikt over antall elevbesvarelser som har rapportert noe om nytteverdi.

Tabell 8: Oversikt over kodene til kategorien "nytteverdi". Viser både totalt antall elever som refererer til oppgitt kode, og totalt antall referanser som har blitt koblet til hver kode.

Kode	Antall elevbesvarelser	Antall referanser
Positive perspektiver	17	28
Negative perspektiver	3	3
Temaavhengig	3	4

Videre vil vi presentere et lite utvalg av eksempler på sitater som vi har plassert under de ulike kodene i kategorien *nytteverdi*. Eksemplene som er trukket frem er typiske eksempler på sitater i forbindelse med nytteperspektivet. Vi har valgt å presentere dette i en tabell, se tabell 9.

Tabell 9: Eksempler på sitater fra spørreskjemaet, i kategorien "nytteverdi".

Koder	Eksempler på sitater
Positive perspektiver	<ul style="list-style-type: none"> - Bruk av matte i naturfag gjør at man får økt forståelse, med et bredere kunnskapsspekter om temaet. (6-3) - Jeg syntes at matematikk har stort potensiale innen naturfag. Fordi det å skape modeller av naturlige fenomener hjelper mange som kanskje ikke ser den logiske forbindelsen til naturfag ... (3-2) - ... jeg har skjønt at det faktisk går an å bruke matte i naturfag (6-1). - Jeg sier ikke nei til å gjøre dette videre i naturfag, modellering er veldig nyttig å bruke for å fremstille ting ... (3-1)
Negative perspektiver	<ul style="list-style-type: none"> - Det var ikke modelleringen i seg selv som forklarte meg hva alt handlet om, så synet mitt er at jeg ikke kommer til å få bruk for det. (5-1) - Jeg er ikke generelt så glad i matte så for min del som syntes naturfag kan være spennende så dempet det ned litt. (7-2)
Temaavhengig	<ul style="list-style-type: none"> - Jeg kan se det kan hjelpe noen, men selv syntes jeg modelleringen i denne settingen ble mer forvirrende en forklarlig. (5-1)

Den siste kategorien som går igjen i besvarelsene fra del tre av spørreskjemaet er *opplevelse av aktiviteten* som inneholder kodene *følelser*, *ingen formening* og *vanskelighetsgrad* (se figur 12). Se tabell 10 for en oversikt over antall besvarelser som har rapportert noe om opplevelser av aktiviteten.

Tabell 10: Oversikt over kodene til kategorien "opplevelse av aktiviteten". Viser både totalt antall elever som refererer til oppgitt kode, og totalt antall referanser som har blitt koblet til hver kode.

Koder	Antall elevbesvarelser	Antall referanser
Følelser	18	37
Ingen formening	13	17
Vanskelighetsgrad	17	29

Videre presenteres et utvalg av eksempler på sitater som vi har plassert under de ulike kodene i kategorien opplevelse av aktiviteten. Eksempelene som blir trukket frem er typiske eksempler på sitater i forbindelse med elevenes opplevelse av aktiviteten. Vi har valgt å presentere dette i en tabell, se tabell 11.

Tabell 11: Eksempler på sitater fra spørreskjemaet, i kategorien "opplevelse av aktiviteten".

Koder	Eksempler på sitater
Følelser	<ul style="list-style-type: none"> - Jeg føler at modellering gjør at jeg føler meg frustrert og forvirret. (1-2) - Undervisningen var ganske interessant, det var noe nytt som vi aldri hadde prøvd før, morsomt å prøve det vi gjorde og se ett resultat ut av det. (3-1) - Jeg opplevde litt mestring, men ble også ganske frustrert når jeg ikke får til ting så vil si det var litt sånn 50/50. (6-2) - Jeg har fått en endring i følelsene rundet det å jobbe med modeller i naturfaget. Å jobbe på denne måten fremover, tenker jeg er positivt. (4-1) - Jeg opplever undervisningen morsom, med at vi fikk våre egne erfaringer med halveringstid. Med at det ble gjort et forsøk som ga egne resultater. Dette opplegget har gitt meg en positiv opplevelse med å lage modeller i naturfag, og har gjort at jeg vil gjerne gjøre det igjen. (2-1)
Ingen formening	<ul style="list-style-type: none"> - Jeg har ikke noe imot å jobbe på denne måten fremover så lenge jeg får en bedre forståelse. (9-2) - Jeg opplevde undervisningen på fredag som nok så grei. (7-2)
Vanskelighetsgrad	<ul style="list-style-type: none"> - Tenker det blir vanskelig fordi jeg syntes programmering er vanskelig (7-1) - Jeg synes det har vært litt utfordrende å kombinere matte og naturfag (2-1) - Det var en god introduksjon og refleksjon rundt oppgaven før vi startet, og det gjorde ting mye lettere for oss. I tillegg til at vi fikk kodesnutter osv. litt før vi startet med oppgaven. Da kunne vi få en liten formening om hva dette handlet om, og hva vi skulle bruke før vi startet med det. (6-1) - Jeg har syntes det har vært morsomt å jobbe med programmering i naturfag, og matte biten var heller ikke for vanskelig. (2-1)

6. Diskusjon

I kapittel 4 presenterte vi det empiriske materialet som er blitt samlet inn for å belyse våre forskningsspørsmål. Resultatene viser at ulike elevgrupper oppnår ulik modelleringskompetanse, og at elevene rapporterer ulik grad av opplevd forståelse. I tillegg viser resultatene at elevene uttrykker ulike holdninger til modelleringsaktiviteten, men at majoriteten av elevholdningene er positive. Våre forskningsspørsmål i denne oppgaven er:

Hvordan samsvarer elevenes modelleringskompetanse med deres opplevde forståelse av naturfagsfenomenet etter en matematisk modelleringsaktivitet i naturfag?

Hvilke holdninger kommer til uttrykk hos elevene når de jobber med matematisk modellering i naturfag?

Videre i dette kapittelet vil vi først diskutere våre resultater i lys av disse forskningsspørsmålene. Til slutt vil vi ha en metodisk diskusjon, der vi drøfter styrker og svakheter ved metodene som er brukt.

6.1 Elevenes modelleringskompetanse og deres opplevde forståelse

Flere studier viser at matematisk modellering er en kognitivt krevende øvelse for elever (Blum & Ferri, 2009; Blum & Leiß, 2007). For å oppnå en høy modelleringskompetanse er det flere barrierer elevene må overvinne (Ludwig & Xu, 2010). De største barrierene som rapporteres i tidligere forskning er de tidligste fasene i modelleringsprosessen med å forstå situasjonen og lage en modell, samt valideringsfasen (Blum & Leiß, 2007; Blum & Ferri, 2009). Ludwig og Xu (2010) som har gjennomført en studie med matematisk modellering i matematikksammenheng, fant at den største barrieren var de tidligste fasene av modelleringssyklusen. Våre resultater viser at den største barrieren i modelleringssyklusen var valideringsfasen og å reflektere over modellens egnethet. Bakgrunnen for dette kan ligge i det Angell et al. (2011) skriver om matematisk modellering av spesifikke fenomener i fysikk, der det er etablert og kjent teori som ligger til grunn for modelleringen.

I vår studie var det kun to grupper som oppnådde reflekterende modelleringskompetanse. Vi opplevde at elevene viste en kritisk evne da de arbeidet frem modellene sine og sammenliknet de innad i gruppene (se vedlegg 7). At elever er kritiske når de jobber i grupper er et resultat andre forskere også opplever ved arbeid med matematisk modellering (Lopes, 2022). Da elevene hadde

utarbeidet modellene var de derimot lite kritiske til modellene, som både vises i resultatene over elevenes modelleringskompetanse (se tabell 3 i underkapittel 5.1.1), og som beskrevet i loggen (se vedlegg 7). At elevene er ukritiske er et velkjent fenomen knyttet til matematisk modellering, da elever mangler ferdigheter knyttet til argumentasjon og validering (Blum & Ferri, 2009; Blum & Leiß, 2007; Maaß, 2007). Det bør her legges til at en del av gruppene våre ikke rakk å besvare de siste spørsmålene på oppgavearket, som kan være noe av grunnen til at de ikke oppnår nivået reflekterende modelleringskompetanse. En slik begrunnelse kan trekkes fra studien til Auning et al. (2021), der elevene fikk lengre tid på modelleringsaktiviteten og oppnådde høyere modelleringskompetanse enn elevene i vår studie. Vi tror likevel elevene har svært få erfaringer med å diskutere og være kritiske til eget arbeid noe vi fikk inntrykk av under gjennomgangen i den andre økten (se vedlegg 6 og 7).

Tidligere modelleringserfaringer kan gjøre utslag på elevenes oppnådde modelleringskompetanse og opplevde forståelse av naturfagsfenomenet. Frejd og Ärleback (2011) fant i sin studie at svenske videregående elever har få modelleringserfaringer, men at tidligere erfaringer kan ha innvirkning på elevenes modelleringskompetanse. Dette samsvarer med flere studier som påstår at matematisk modelleringskompetanse kan trenes (Blum & Ferri, 2009; Maaß, 2007). Med bakgrunn i slike påstander vil det være naturlig å tro at elever med flere tidligere erfaringer vil oppnå høyere modelleringskompetanse. En slik tendens finnes ikke i våre resultater. I vårt tilfelle finner vi at elevene som rapporterer flest tidligere modelleringserfaringer ikke har en tendens til å oppnå høyere modelleringskompetanse enn elever som rapporterer færre modelleringserfaringer (se tabell 4 i underkapittel 5.1.2). Til denne diskusjonen må vi legge til at vi ikke har innsikt i hva slags tidligere erfaringer elevene sikter til. Det vi derimot ser en tendens av fra elevene som rapporterer flest modelleringserfaringer er at de fokuserer mer på forståelsen av naturfagsfenomenet i sine besvarelser, med noen unntak (se tabell 4 og 6 i underkapittel 5.1.2). En årsak til dette kan være at elevene med flere erfaringer innehar en bedre disposisjon til å forstå verden, gjennom sine modelleringserfaringer (Blum & Ferri, 2009). Vi finner med dette ingen tydelig sammenheng mellom elevenes tidligere modelleringserfaringer og oppnådde modelleringskompetansenivå, men vi finner at tidligere modelleringserfaringer kan ha en viss innvirkning på elevenes opplevde forståelse av naturfagsfenomenet.

At en gruppe oppnår et modelleringskompetansenivå, betyr ikke nødvendigvis at alle gruppe-medlemmene opplever lik forståelse av naturfagsfenomenet, og/eller innehar lik modelleringskompetanse. Dette kan eksempelvis ses innad i gruppe 9, der elevene uttrykker ulikt utbytte av modelleringsaktiviteten. Enkelte elever rapporterer også at de var avhengig av å støtte seg på sine medelever innad i gruppen (se tabell 6 i underkapittel 5.1.2). En fordel med gruppearbeid ved modellering er at argumentasjons- og diskusjonsevnen hos elevene trenes, samt at elevene øver på å samarbeide mot et bestemt mål (Pajchel et al., 2019b). At argumentasjons- og diskusjonsevnen hos elevene trenes er resultater som vises i studien til Spooner (2022) der elevene rapporterte at de var avhengig av å diskutere med hverandre for å komme videre i modelleringsoppgavene. Tilsvarende funn finnes i Blum og Leiß (2007) der elevene overkom enkelte barrierer ved å diskutere seg imellom. Selv om teorien viser at gruppearbeid er en fordel ved modelleringsaktiviteter viser våre resultater at det ikke en selvfølge at alle på gruppen opplever den samme forståelsen individuelt og/eller innehar lik modelleringskompetanse.

Som tidligere beskrevet i delkapittel 3.1 tolket Auning et al. (2021) sine resultater av elevenes modelleringskompetanse ved at elevene som oppnår høyest kompetanse, generelt har lettest for å si noe om naturfagsfenomenet og kunne bruke modellen. Basert på en slik kobling vil det være naturlig å tro at elevene som oppnår høyest modelleringskompetanse i vår studie også vil rapportere om tydeligst opplevd forståelse. Vi ser imidlertid ikke en kobling mellom nivået reflekterende modelleringskompetanse og elevenes opplevde forståelse i våre resultater. De to gruppene (gruppe 4 og 7) som oppnår reflekterende modelleringskompetanse, er to av gruppene som uttrykker størst nøytralitet til påstanden *Jeg synes at modelleringsaktiviteten har hjulpet meg med å forstå halveringstid*. På de åpne spørsmålene, som handler om hva elevene sitter igjen med, fokuserer elevene i disse gruppene hovedsakelig på programmeringen og at det å modellere ikke bidro mest til deres forståelse (se tabell 4 og 6 i underkapittel 5.1.2). Våre funn rundt elevene som oppnår høyest modelleringskompetanse og deres opplevde forståelse, stemmer ikke overens med hva man skulle forvente, basert på studien og tolkningen til Auning et al. (2021).

De to gruppene som kom lengst i modelleringscyklusen, ved å oppnå reflekterende modelleringskompetanse, rapporterer ikke mer forståelse enn andre elever, heller tvert imot. Om dette kan skyldes at elevene ikke har vært gjennom kriteriene som skal til for å oppnå nivået utøvende modelleringskompetanse kan vi bare spekulere i. Det som gjør at vi foreslår denne

påstanden er at vi ser i resultatene at de gruppene som stoppet på nivået utøvende modelleringskompetanse er de gruppene som rapporterer høyest enighet til påstanden *Jeg synes at modelleringsaktiviteten har hjulpet meg med å forstå halveringstid*. Ved å studere besvarelsene til enkelte av gruppene som oppnådde nivået utøvende modelleringskompetanse fra de åpne spørsmålene, ser vi at disse gruppene fokuserer mer på forståelse av fenomenet halveringstid etter modelleringsaktiviteten (se tabell 4 og 6 i underkapittel 5.1.2). Dette kan tyde på at elevenes opplevde forståelse har en tilknytning til visse delkompetanser. Det trekkes her en parallell til Maaß (2007) sin påstand om at det er en kobling mellom visse delkompetanser og holdninger elevene har til matematisk modellering. Dersom vi trekker linjer mellom elevenes opplevde forståelse og deres holdninger, kan det tyde på at det er en tilsvarende sammenheng mellom visse delkompetanser og elevenes opplevde forståelse. Tilknytningen mellom opplevd forståelse og holdninger kan vi finne tilbake til i den tredimensjonale modellen over holdninger (Di Martino & Zan, 2010), presentert i figur 7, der opplevd forståelse kan knyttes til dimensjonen oppfattet kompetanse. Resultatene indikerer at elevene som har oppnådd utøvende modelleringskompetanse har opplevd mer forståelse av naturfagsfenomenet halveringstid, enn elevene som oppnådde reflekterende modelleringskompetanse, men som ikke oppnådde utøvende modelleringskompetanse.

Oppsummert viser våre resultater at modelleringskompetanse og opplevd forståelse samsvarer i en viss grad. Det kan virke som den delkompetansen som fører til størst opplevd forståelse av naturfagsfenomenet blant elevene, er det å jobbe med matematikken og inneha den matematiske forståelsen som skal til for å oppnå *utøvende modelleringskompetanse*. Vi finner med andre ord størst sannsynlighet for at elevene opplever å forstå naturfagsfenomenet dersom de forstår matematikken som brukes i modelleringen. Gjennom resultatene er det lite som tyder på at det å oppnå det høyeste modelleringskompetansenivået fører til økt opplevd forståelse. Her må det understrekes at de gruppene som oppnådde *reflekterende modelleringskompetanse* ikke oppnådde *utøvende modelleringskompetanse* og at refleksjonene var noe magre. Generelt kan man fra tabell 4 og figur 17 i underkapittel 5.1.2, se en tendens til at de aller fleste elevene er delvis enige i at modelleringsaktiviteten har hjulpet dem med å forstå naturfagsfenomenet halveringstid og at de er delvis uenige eller nøytrale til at de ville lært mer med en annen undervisningsform. Dette indikerer at de aller fleste elevene opplevde en viss forståelse uavhengig av modelleringskompetansenivå. Vi finner videre at den største barrieren som elevene

møter gjennom modelleringsaktiviteten er å reflektere over modellen og at tidligere modelleringserfaringer ikke nødvendigvis medfører høyere modelleringskompetanse, men at det kan påvirke den opplevde forståelsen. Dessuten finner vi at modelleringskompetansen til elevene kan påvirkes om aktiviteten gjennomføres som en gruppeaktivitet kontra individuelt der en gruppeaktivitet kan føre til økt modelleringskompetanse, da elevene har mulighet til å spille på hverandre.

6.2 Elevenes holdninger til den matematiske modelleringsaktiviteten

Vi har tidligere i denne oppgaven definert begrepet holdning ved at det er en bro mellom *oppfatning* og *følelser*. Som nevnt i resultatkapittelet er det flere begreper som trekkes frem av elevene som kan knyttes til begrepet holdning i denne sammenhengen. Til ordet *oppfatning* knyttes begrepet nytteverdi og det å se sammenhenger mellom fagene, mens alle ord som kan knyttes til følelser som elevene rapporterer kobles mot følelsesbegrepet. Dette er ord som *spennende, interessant, gøy, morsomt, kjedelig, forvirret, frustrert, kjipt og kult*.

Et sentralt aspekt ved bruk av matematisk modellering i naturfag er at elevene kan oppleve nytteverdien av matematikk. Flere studier som tar for seg holdninger til matematisk modellering trekker frem nytteperspektivet som en viktig faktor (Di Martino, 2019; Lim et al., 2009; Lopes, 2022). Elevbesvarelsene vi har samlet inn som omhandler nytte kan knyttes til det Di Martino (2019) kaller individuell nytte, da elevene rapporterer at de opplever matematikken som nyttig og har bruksverdi for dem. De aller fleste elevene i vår undersøkelse kobler bruken av matematikk til å oppnå forståelse av naturfagsfenomenet, som ikke er unaturlig, da samspillet mellom matematikk og naturfag kan gi elevene et innblikk i hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles (Pajchel et al., 2019a). Vi tolker elevenes besvarelser som at elevene ser at matematikken bidrar til forståelse av naturfagsfenomenene det jobbes med. Det at de aller fleste elevene opplever matematikken som nyttig finner vi også igjen i besvarelsene fra de prekodete spørsmålene i spørreskjemaet, der over halvparten svarer at de er delvis enig til påstanden *jeg ser nytten av å bruke matematikk for å lære om naturfaglige fenomener*. Det var her dessuten kun én elev som svarte delvis uenig. Dette var elev 5-1 og det samsvarer med det vedkommende svarer til et av de åpne spørsmålene (se tabell 7 og 9 i underkapittel 5.2.1 og 5.2.2). Vi finner at de aller fleste elevene rapporterer at de ser matematikken som nyttig for å få en forståelse om naturfagsfenomenet, og at det dermed har en nytteverdi for elevene.

Selv om vi finner positive perspektiver knyttet til nytteverdi hos de aller fleste elevene er det ikke alle som opplever å sette pris på nytteverdien i alle sammenhenger. Enkelte av elevene i vår studie rapporterer tilsvarende som Ikeda (2018), at enkelte elever anerkjenner at modellering og bruk av matematikk er nyttig, men ikke opplever å sette pris på nytteverdien selv. Det kan være flere grunner til at enkelte elever rapporterer et slikt syn på modelleringen og bruk av matematikk. For det første kan det være de tekniske utfordringene rundt programmeringen som kan ha forårsaket et slikt syn, der utfordringene kan ha gjort modelleringen såpass vanskelig at eleven ikke opplever å få noe ut av modelleringen. For det andre kan det ha en sammenheng med den matematikken som kreves av elevene og hvilke forkunnskaper elevene hadde. Begge disse begrunnelsene vil diskuteres nærmere i delkapittel 6.3, der vi blant annet tar for oss prosedyrer som vi kunne ha tenkt mer på før gjennomføringen av opplegget. Dessuten kan det tenkes at enkelte elever knytter opplevelsen av modelleringen og bruk av matematikk med tidligere erfaringer, der elevene kan ha opplevd noe i liknende situasjoner tidligere, slik McLeod (1992) skriver om frembringelse av holdninger. En slik overføring av en holdning til en annen, men nærliggende situasjon, kan eksemplifiseres med det elev 7-2 skriver (se tabell 9 i underkapittel 5.2.2). Vi finner tilsvarende med andre studier at selv om elever kan se en nytteverdi ved bruk av matematisk modellering, er det ikke alle elevene som opplever at matematisk modellering er nyttig for dem selv.

Matematisk modellering i naturfag kan øke bevisstheten til elevene om sammenhengen mellom fagene matematikk og naturfag. Resultatene viser at elevene opplever en økt bevissthet om sammenhengen mellom fagene. Dette kan blant annet ses i besvarelsene fra påstand 2: *Før denne modelleringsaktiviteten så jeg ikke en tydelig sammenheng mellom fagene matematikk og naturfag* og påstand 3: *Modelleringsarbeidet har gjort at jeg nå ser en tydeligere sammenheng mellom matematikk og naturfag, enn jeg gjorde tidligere*, i del to av spørreskjemaet, der vi i tabell 4 og figur 17 fra underkapittel 5.1.2, ser en tydelig trend at modelleringsaktiviteten har økt elevenes bevissthet på sammenhengen mellom fagene. Pajchel et al. (2019a, s. 172 – 173) påstår at “siden matematikken er så nært knyttet til naturvitenskapelige forklaringer bør naturfagundervisningen inkludere regning på måter som gir elevene en forståelse for matematikkens plass og funksjon i naturvitenskapene”. Kawasaki og Moriya (2011) hadde en slik inkludering som mål i sin studie, der de brukte matematisk modellering i en naturfagssammenheng med videregående elever i Japan. Elevene i studien rapporterer at de

opplevde en tettere sammenheng mellom fagene etter modelleringsaktiviteten. Tilsvarende rapporteres fra lærerne, som var med i studien til Michelsen (2017), der lærerne påstår at elevene opplevde en tettere sammenheng mellom fagene. Denne sammenheng mellom fagene uttrykkes også hos elevene i studien til Auning et al. (2021), der elevene kobler bruken av matematikk til forståelsen av naturfagsfenomenet som undersøkes, akkurat som våre elever (se tabell 9 i underkapittel 5.2.2). Vi finner at matematisk modellering i en naturfagssammenheng kan hjelpe elevene med å se en sammenheng mellom matematikk og naturfag, hvilket vi ser kan bidra til at elevene opplever matematikken som nyttig.

Hvis vi studerer resultatene fra de to påstandene nøyere, er det likevel ikke alle elevene som har opplevd denne bevisstgjøringen gjennom modelleringsaktiviteten (se tabell 4 i underkapittel 5.1.2). Besvarelsene til elev 4-2 indikerer at eleven så en sammenheng mellom fagene før modelleringsaktiviteten, men ikke gjorde det under aktiviteten. Bakgrunnen for denne rapporteringen er vanskelig å si, men vi vil trekke frem det Maaß (2007) skriver om at holdninger kan ha innvirkning på visse delkompetanser i modelleringssyklusen. Elev 4-2 tilhører en av gruppene som oppnår reflekterende modelleringskompetanse, men ikke utøvende modelleringskompetanse som beskrevet i delkapittel 6.1. Vi ser i rapportering fra denne eleven at innstillingen til aktiviteten ikke er de mest positive (se tabell 7 i underkapittel 5.2.1) og kan med dette trekke linjer til det Maaß (2007) skriver. Vi ser for oss at elevens innstilling kan ha innvirkning på delkompetansen som trengs for å oppnå utøvende modelleringskompetanse, som er å arbeide med og forklare matematikken. Dette kan også ha noe med de tekniske utfordringene rundt programmeringen å gjøre, som vedkommende skriver i de åpne spørsmålene (se tabell 6 i underkapittel 5.1.2). Det kan her virke som vedkommende knytter sammen programmering og matematikk og at det på grunn av tekniske utfordringer er vanskelig å se sammenhengen matematikken har til naturfaget i denne aktiviteten.

Trekker vi frem Lim et al. (2009) sine komponenter som bygger opp begrepet holdning, kan man i vårt tilfelle se på komponentene *angst* og *fornøyelse* opp mot følelser. Fra vår studie under kategorien *opplevelse av aktiviteten* rapporterer elevene om følelser som likner de to komponentene. En følelse som gjentas av enkelte elever er frustrasjon. Denne følelsen kan gjenspeiles i besvarelsene fra enkelte av elevene til påstandsspørsmålene, der vi ser en trend blant frustrerte elever, for eksempel elev 1-2 (se tabell 7 og 11 i underkapittel 5.2.1 og 5.2.2). En

følelse av frustrasjon i dette tilfellet kan tolkes som at eleven ikke har lyktes i modelleringsoppgaven, men frustrasjonen kan også tolkes ut ifra situasjonen, altså at eleven ikke vet hvordan vedkommende skal jobbe med en slik oppgave (DeBellis & Goldin, 2006). Eleven uttrykker et lite antall tidligere erfaringer som kan være årsaken til at vedkommende uttrykker frustrasjon. Et slikt resultat kobler vi tilbake til Frejd og Ärlebäck (2011) som fant at tidligere erfaringer påvirker elevenes holdninger til matematisk modellering – i den forstand at få tidligere erfaringer kan gi utspring i negative holdninger.

Vi har også fått rapportert inn positive følelser, som kan knyttes til *fornøyelse*. Besvarelser vi velger å knytte til fornøyelse og positive følelser er elever som blant annet trekker frem at aktiviteten var interessant og morsom. Vi tenker at når elevene opplever aktiviteten som morsom og interessant finner de en glede i aktiviteten og setter pris på den, akkurat som Lim et al. (2009) definerer fornøyelse. I denne studien uttrykte studentene en fornøyelse ved bruk av matematisk modellering. Generelt fra de åpne spørsmålene i vår studie, blir positive følelser uttrykt 24 ganger, mens negative følelser rapporteres 13 ganger, i tillegg ser vi fra påstanden *jeg hadde en positiv opplevelse av å modellere halveringstid* at flertallet rapporterer at de hadde en positiv opplevelse (se figur 19 i underkapittel 5.1.2 og tabell 11 i underkapittel 5.2.2). Sett i lys av studien til Lim et al. (2009), tolker vi at en slik fordeling og rapportering av positive og negative følelser blant elevene fra vår studie, betyr at flertallet av elevene satt pris på en slik aktivitet.

Flere av elevene som uttrykker en fornøyelse ved aktiviteten, kobler fornøyelsen til det å jobbe på en annerledes måte og det å danne egne erfaringer rundt naturfagsfenomenet (se tabell 11 i underkapittel 5.2.2). Det at elevene får jobbe på en annerledes måte og danne egne erfaringer ved modelleringsaktiviteter, strekker tilbake til det Oh og Oh (2011) presenterer i sin litteraturstudie der de påstår at elevlæring ved modelleringsaktiviteter skjer gjennom blant annet utforskning, konstruksjon og anvendelse av modeller. Gjennom en slik elevlæring får elevene vært delaktige i utviklingen av egen forståelse og arbeide på en tilsvarende måte som forskere jobber, slik Pajchel et al. (2019b) beskriver en modelleringsbasert undervisning. Elevene beskriver som nevnt i delkapittel 4.2 en vanlig undervisningstime ved at det er hovedvekt på tavlegjennomgang, oppgaver og forsøk, som betyr at en modelleringsbasert undervisning er uvant for elevene. En slik slutning er ikke overraskende, da våre elever ikke har den progresjonen som LK20 legger opp til, som beskrevet i delkapittel 2.2. Vi tenker med andre ord at en av årsakene til at

modelleringsaktiviteten oppleves som morsom og interessant for elevene er at det er noe de ikke er vant til å gjøre og at det kan være med på å skape erfaringer knyttet til naturfagsfenomenene det arbeides med.

Til forskjell fra Di Martino og Zan (2010), har vi ikke valgt å lage profiler av holdningene til elevene basert på en todeling av dimensjonene i modellen, der hver dimensjon vurderes positiv eller negativ basert på forhåndsgitte kriterier. Årsaken til denne unnlåtelsen begrunner vi ut ifra en kritikk av modellen til Di Martino og Zan (2010), da deres modell hovedsakelig benyttes for å studere negative holdninger til matematikk. I deres øyne kreves det kun at en dimensjon vurderes negativt for at eleven har en negativ holdning, noe vi anser som en grov forenkling av virkeligheten. Et slikt todelt syn på holdninger åpner ikke opp for at man kan ha en nøytral holdning. Et eksempel er elev 6-2 som uttrykker negative følelser mot modelleringen, men samtidig uttrykker positive perspektiver når det kommer til nytteverdi og mestring (se tabell 6 og 11 i underkapittel 5.1.2 og 5.2.2). Vedkommende beskriver en opplevelse av frustrasjon, men påstår at de positive sidene med opplegget, som nytteverdi knyttet til forståelse og opplevd mestring veier opp for det negative og at holdningen da blir ganske nøytral. Dette gjenspeiles i de prekodete spørsmålene i spørreskjemaet, der vedkommende svarer ganske nøytralt med en tendens til å svare positivt (se tabell 7 i underkapittel 5.2.1). Med bakgrunn i våre funn mener vi modellen også fungerer til mer enn bare å kategorisere negative holdninger til matematikk slik Di Martino og Zan (2010) gjør.

For å avslutte dette delkapittelet, velger vi å se på den generelle holdningen uttrykt av elevene i lys av den tredimensjonale modellen til Di Martino og Zan (2010). Den første dimensjonen vi vil trekke frem er visjon av matematikk, der vi finner at de aller fleste elevene rapporterer om både at de ser en nytteverdi ved matematikk og at de opplever en sammenheng mellom fagene matematikk og naturfag, noe som samsvarer med det Di Martino (2019) rapporterer. I den emosjonelle dimensjonen finner vi at de fleste elevene sitter igjen med en positiv følelse, som samsvarer med funnene til Lim et al. (2009). Likevel er det noen elever som rapporterer om en opplevd frustrasjon, som kan knyttes til få tidligere erfaringer som Frejd og Ärleback (2011) rapporterer om. I den siste dimensjonen, oppfattet kompetanse, finner vi at de aller fleste elevene rapporterer om at de opplever en forståelse av naturfagsfenomenet. Denne dimensjonen knyttes til vårt første forskningsspørsmål i forbindelse med opplevd forståelse, da opplevd forståelse

handler om elevenes egenvurdering av hvordan de vurderer egen forståelse av naturfagsfenomenet, slik Di Martino og Zan (2010) beskriver dimensjonen oppfattet kompetanse. Vi ser i våre resultater at elevene som rapporterer en opplevd forståelse om naturfagsfenomenet i hovedsak er positive til aktiviteten. Vi vil likevel gjenta at det også er tilfeller av elever som ikke ser nytten av å modellere, som sitter igjen med en negativ følelse og/eller ikke opplever en forståelse av naturfagsfenomenet etter aktiviteten.

6.3 Metodediskusjon - Styrker og svakheter ved studien

I dette delkapitlet vil vi reflektere over våre valg ved gjennomføringen av vårt prosjekt og eventuelle endringer vi kunne gjort ved prosjektet dersom vi skulle gjennomført prosjektet ved en annen anledning. Vi vil diskutere utfordringer ved aktiviteten, våre forskningsmetoder, samt diskutere reliabiliteten og validiteten til resultatene. Ut ifra diskusjonene vil vi argumentere for styrker og svakheter ved vårt forskningsprosjekt.

Utfordringer ved aktiviteten

Ved gjennomføringen av undervisningsopplegget opplevde vi som nevnt i underkapittel 4.3.2, at elevene møtte mange tekniske utfordringer med programmeringen da de skulle modellere. Elevene er også svært samstemte når de svarer på spørsmålet om hva som var mest utfordrende med aktiviteten, der alle elevene nevner programmeringen som det mest utfordrende. Det er mange besvarelser som havner under koden *vanskelighetsgrad* i kategorien *opplevelse av aktiviteten*. Et tema som går igjen her er ikke unaturlig knyttet til programmeringen. I studien til Lim et al. (2009), der studentene brukte dataprogrammet MATLAB, var det flere studenter som uttrykte bekymring for programmering i starten av studien, men at de lærte å bruke programmet gjennom aktiviteten. I vår studie finner vi tilsvarende funn ved at det er mange studenter som rapporterer at de har fått en opplæring i bruk av dataprogrammet gjennom aktiviteten, i vårt tilfelle Python i Jupyter Notebook.

Likevel er det ikke alle elevene i vår studie som erfarte mestring med programmet under aktiviteten (se tabell 6 i underkapittel 5.1.2). Som nevnt i delkapittel 4.2 og underkapittel 4.6.1, fikk vi et inntrykk fra elevene før gjennomføringen av undervisningsopplegget om at de hadde litt erfaring med bruk av Python, noe som var begrunnelsen for at vi valgte å kun dele ut et hjelpedokument i Jupyter Notebook og ikke gå mer i dybden rundt programmeringen. Dette hjelpedokumentet ble laget med et mål om at elevene skulle kunne hjelpe seg selv under arbeidet

ved at det var lagt inn hjelpetekst og forskjellige eksempler på kode. En utfordring vi erfarte med hjelpedokumentet var at flertallet av elevene ikke leste spesielt nøye gjennom eksemplene, og spurte heller oss om hjelp istedenfor å prøve å hjelpe seg selv, slik Haraldsrud et al. (2020) skriver om det å strekke til når alle trenger hjelp. Her kunne vi vært mer eksplisitte på at elevene skulle studert dokumentet nøyere før de spurte oss. Et argument for dette ligger i det elev 6-1 skriver, som vi knytter til vanskelighetsgrad (se tabell 11 i underkapittel 5.2.2) der eleven uttrykker at hjelpedokumentet var behjelpelig i modelleringsprosessen. Til en senere anledning finner vi det nødvendig å gi elevene mer tid til å teste programmet i forkant av modelleringsaktiviteten. Vi tenker likevel at elevene har hatt et utbytte av vår gjennomføring med programmering, da flere rapporterer at de har fått opplæring i programmet med tanke på at programmering har blitt en integrert del av fagene (Haraldsrud et al., 2020).

Matematikkforkunnskapene til elevene er også et punkt vi må drøfte i sammenheng med utfordringer elevene opplevde under gjennomføringen, da dette også er et tema som går igjen under koden *vanskelighetsgrad*. Vi hadde før gjennomføringen av dette prosjektet lite kunnskap om elevenes forkunnskaper i matematikk. Dette gjenspeiles i enkelte av besvarelsene fra elevene der de rapporterer om at de ikke innehar matematikkunnskapene som kreves (se tabell 6 og 11 i underkapittel 5.1.2 og 5.2.2). Til denne diskusjonen vil vi presisere at dette ikke gjelder alle elevene, da det var enkelte elever som rapporterte at matematikken som ble benyttet, ikke var for vanskelig. Vi vil likevel trekke frem mangelen på matematikkforkunnskaper som en mulig årsak til at ikke alle gruppene oppnår like høyt nivå på modelleringskompetansen. Spesielt nivået utøvende modelleringskompetanse krever matematiske ferdigheter og forståelse av matematikken som ligger bak modelleringen (Ludwig & Xu, 2010). Vi ser det derfor fordelaktig i en senere anledning å ha et større samarbeid mellom fagene slik at man er sikker på at forventet forkunnskap i matematikk er på plass.

Styrker og svakheter ved forskningsmetodene

Videre i denne diskusjonen vil vi trekke frem ulike styrker og svakheter ved forskningsmetodene vi har benyttet i vår utforskning. Vi har gjennom utviklingen av et eksisterende rammeverk (se tabell 1) konstruert en vurderingsmetode tilpasset matematisk modellering i naturfag. Det er her snakk om sammenslåingen av de første stegene i modelleringssyklusen, da elevene vil ha en viss forkunnskap om fenomenet før de begynner å modellere. Når matematisk modellering brukes i

naturfag er det et større fokus på fenomenet, slik Angell et al. (2011) skriver om modellering i fysikk, som beskrevet i delkapittel 2.2.

Vi mener innsamlingen og analyse av elevprodukter, er en velegnet metode for å besvare forskningsspørsmålet som omhandler modelleringskompetane, da vi får inn skriftlige dokumenter som inneholder modelleringsarbeidet elevene har gjort gjennom økten, som gjør det mulig å vurdere nivået på besvarelsen, basert på vurderingskriterier. Videre er det viktig å bemerke at andre studier som har sett på modelleringskompetanse også har benyttet elevprodukter; i form av elevkonstruerte modeller eller elevbesvarelser til oppgaver, til å vurdere modelleringskompetansen til elevgrupper eller enkeltelever (Auning et al., 2021; Ludwig & Xu, 2010). Dette tyder på at det er flere som anser analyse av elevbesvarelser som en velegnet metode for å vurdere nivået på elevenes modelleringskompetanse. Det skal likevel nevnes at enkelte grupper har besvart spørsmålene på oppgavearket kortfattet, som har gjort det utfordrende å være konsekvent i vurderingen av elevproduktene.

Trekker vi frem semistrukturert spørreskjema som metode, mener vi det er en velegnet metode for å belyse både elevenes opplevde forståelse og elevenes uttrykte holdninger under modelleringsaktiviteten. I et semistrukturert spørreskjema kan eleven utdype sin opplevde forståelse og sine holdninger i de åpne spørsmålene og samtidig ser vi hvordan elevene vurderer ulike påstander om deres opplevde forståelse og holdninger (Johannesen et al., 2021). En styrke ved vårt spørreskjema er at elevene forble anonyme, hvilket betyr at terskelen for å avgi ærlige svar på spørsmålene burde være lav (Cohen et al., 2018). I tillegg har vi fått inn svar fra alle elevene som deltok i begge øktene, som vil si at vi har fått et helhetlig inntrykk av klassens uttrykte holdninger til matematisk modellering i naturfag.

Det er likevel noen endringer ved spørreskjemaet vi vil drøfte. I forbindelse med Likert-skala påstandene vi har benyttet lurer vi på om det kunne vært en fordel å utvide fra fem til syv alternativer. Årsaken til en slik utvidelse, begrunnes gjennom resultatene vi har fått fra elevene, der mange elever svarer på svaralternativene *delvis uenig*, *verken eller*, eller *delvis enig* (se tabell 4 og 7 i underkapittel 5.1.2 og 5.2.1). For å kunne tydeliggjort hvilken side av skalaen elevene lente seg mot eller om elevene lente seg mer mot et nøytralt svar, tenker vi at det kunne ha blitt benyttet syv svaralternativer istedenfor fem, da det gir et bredere spekter elevene kan plassere seg i. Flere svaralternativer kan gi et mer nyansert bilde av hva elevene mener (Johannesen et al.,

2021). I våre resultater ser vi at de aller fleste elevene svarer ganske nøytralt, og vi tenker det kunne vært enklere å skille besvarelser med syv alternativer. Det ville da vært interessant om de elevene som svarte nøytralt (3) ville ha svart med den samme nøytrale innstillingen (4) på de samme påstandene med syv alternativer kontra fem. I forbindelse med de åpne spørsmålene lurer vi på om vår formulering av spørsmålene og underspørsmålene vi har satt opp kan ha ledet elevene i en bestemt retning ved besvarelsen. Vi opplever at enkelte av elevene svarer spesifikt på underspørsmålene og at enkelte kun svarer på noen av disse, hvilket gjør at vi får en stor variasjon i hvor mye elevene utdyper svarene sine. Noen svarer veldig kort, mens enkelte svarer svært utfyllende. Vi har gjennom arbeid med vårt spørreskjema erfart at det er utfordrende å designe spørsmål som er entydige, og samtidig åpner for et mangfold av besvarelser.

Til en senere anledning ser vi at et intervju kunne vært hensiktsmessig, da enkelte besvarelser på de åpne spørsmålene i spørreskjemaet er magre. Et intervju kunne gitt mer utfyllende informasjon fra informantene, da det hadde vært mulig å stille oppfølgingsspørsmål. Johannesen et al. (2021) påpeker at erfaringer og oppfatninger best kommer frem, når informanten får være med på å bestemme hva som tas opp i intervjuet. I vårt tilfelle kunne et intervju av utvalgte elever gitt et bedre innsyn i elevenes meninger rundt arbeidsmåten, og elevene kunne svart mer konkret rundt hva de satt igjen med. Dataene fra et intervju kunne videre blitt benyttet for å kryssjekke dataene fra spørreskjemaet, for å se om det er samsvar i det elevene skriver og sier. Et intervju kunne ved en senere anledning gjort resultatene mer robuste, og gitt mer utfyllende data enn spørreskjemaet vårt.

Vi valgte i denne oppgaven å benytte en induktiv innholdsanalyse av elevbesvarelsene til de åpne spørsmålene i spørreskjemaet. Etter analysen av elevenes besvarelser ser vi at våre funn kan relateres til modellen over holdninger utarbeidet av Di Martino og Zan (2010). Selv om vi gjennomførte en induktiv innholdsanalyse av elevbesvarelsene for å ikke utelate enkelte perspektiver som kunne fremkomme (Hsieh & Shannon, 2005), klarer vi etter analysen å plassere våre kategorier inn i den tredimensjonale modellen til Di Martino og Zan (2010). I vårt tilfelle er det mulig å plassere kategorien *mestring* til dimensjonen *oppfattet kompetanse*, kategorien *nytteverdi* til dimensjonen *visjon av matematikk* og kategorien *opplevelse av aktiviteten* inn i dimensjonen *emosjonell dimensjon*. Vi finner dette som en god indikasjon på at den tredimensjonale modellen til Di Martino og Zan (2010) dekker holdninger knyttet til

matematisk modellering på en tilstrekkelig måte og at elevers uttrykte holdninger kan bestemmes ut fra denne modellen. Likevel vil vi argumentere for at det er en fordel med en induktiv innholdsanalyse dersom en liknende studie skulle blitt gjennomført ved en senere anledning, spesielt dersom intervju hadde blitt benyttet. Med bakgrunn i det Johannesen et al. (2021) skriver om intervju, ved at intervju kan gi mer utfyllende informasjon fra informanten, kan det være større sannsynlighet for at man finner andre perspektiver som ikke passer med eksisterende rammeverk.

Reliabilitet og validitet

Vi vil avslutningsvis i denne diskusjonen diskutere reliabiliteten og validiteten til våre resultater. Dersom vi går tilbake til presentasjonen av reliabilitet i underkapittel 4.6.1 må vi spesielt trekke frem det første punktet som vi hentet fra Postholm og Jacobsen (2018), som handler om relasjonen mellom forsker og forskningsdeltaker. Vi vil diskutere dette punktet mot vår rolle i klasserommet, spesielt rettet mot veiledningen vi kan ha gitt elevene i den første undervisningsøkten. Vår rolle i klasserommet i den hektiske situasjonen kan ha påvirket enkelte elevgruppers oppnådde modelleringskompetansenivå ved at vi har gitt de for mange hint og på den måten gitt de et høyere nivå, enn det de hadde oppnådd på egenhånd. Som litteraturen forteller finner vi det viktig at veiledningen elevene får ikke bør basere seg på direkte hint om oppgaven, men stimulere til at elevene skal kunne løse oppgavene på egenhånd (Blomhøj & Jensen, 2003; Blum, 2015).

Det andre og det tredje punktet hentet fra Postholm og Jacobsen (2018) (se underkapittel 4.6.1) vil vi drøfte kort. Til det andre punktet, som handler om forholdet mellom problemstilling og forskningsdeltakere, vil vi trekke frem at elevene som deltok har få erfaringer knyttet til matematisk modellering i naturfag. Likevel vil vi påstå at elevene har fått et forhold til arbeidsmåten gjennom aktiviteten og på den måten har noe relevant å si tilknyttet forskningsspørsmålene. Til det tredje punktet, som handler om forskningens kontekst, vil vi henvise til tidligere diskusjon i dette delkapittelet, der vi tar opp utfordringer rundt undervisningen. Vi vil påstå at mer forkunnskap om elevenes ferdigheter og kunnskaper, da spesielt rettet mot programmeringsferdighetene til elevene, kunne fungert forebyggende for mange av problemene som ble møtt.

Til det fjerde punktet (se underkapittel 4.6.1), som handler om vi har fått registrert alt det viktige, vil vi nevne at elevproduktene ikke ble samlet inn før i starten av den andre undervisningsøkten, noe som kan ha påvirket hvilket nivå elevproduktene ble plassert i, ved at enkelte grupper kan ha arbeidet med oppgavene mellom øktene. Vi vil likevel argumentere for at reliabiliteten til elevproduktene er god, da slikt etterarbeid med oppgavearket er lite sannsynlig fordi arbeidet ville forekommet frivillig og i løpet av en helg. Vi vil også nevne det vi diskuterte i delkapittel 6.1, angående fordelene med gruppearbeid under modelleringsaktiviteter. Til vår vurdering av samsvaret mellom modelleringskompetansen og elevenes opplevde forståelse må vi poengtere at modelleringskompetansen er basert på gruppens arbeid, mens den opplevde forståelsen er målt individuelt. Som diskutert i delkapittel 6.1 ser vi det som sannsynlig at elever som arbeider i grupper med matematisk modellering vil oppnå en høyere modelleringskompetanse enn elever som arbeider individuelt. Selv om vi anser reliabiliteten til elevproduktene som god, ser vi at det kan være visse svakheter ved reliabiliteten til koblingen mellom elevens modelleringskompetanse og elevens opplevde forståelse. Vi vil likevel påpeke at det er mest hensiktsmessig å utføre en slik aktivitet i grupper, da elevene har mulighet til å spille på hverandre for å overkomme kognitive barrierer (Blum & Leiß, 2007; Spooner, 2022) i tillegg til å trene flere ferdigheter som diskusjon og argumentasjon (Pajchel et al., 2019b).

Til diskusjonen rundt validitet må vi ta for oss begrepsvaliditet, slik Johannesen et al. (2021) beskriver. Vi har gjennom vår datainnsamling bemerket oss at elever forveksler begrepene programmering og modellering, men også programmering og matematikk. Flere elever rapporterer eksempelvis hovedsakelig om programmering, når målet med studien har vært å undersøke matematisk modellering. Det er ikke overaskende da vi gjennom vår diskusjon har kommet frem til at elevene ikke hadde tilstrekkelige forkunnskaper om programmeringen. Vi har også sett at elevene har rapportert svært forskjellig når det gjelder antall tidligere modelleringserfaringer i naturfag, hvilket betyr at man kan stille spørsmålsteget til hva elevene legger i begrepet modellering. Eksemplene trukket frem så langt illustrer legitime punkter som svekker validiteten ved våre resultater.

Selv om vi opplevde enkelte utfordringer under gjennomføringen, finner vi våre resultater valide, gjennom metodetrianguleringen, der elevenes besvarelser på spørreskjemaet og vår vurdering av elevproduktene samsvarer med vår opplevelse av gjennomføringen av undervisningsopplegget.

Videre vil vi argumentere for at resultatene våre er valide, da vi finner at elevene for det meste svarer konsekvent på spørsmålene fra spørreskjemaet. Vi har likevel bemerket oss enkelte unntak. Et eksempel er elev 3-1 som uttrykker at vedkommende er positiv til å jobbe på denne måten i de åpne spørsmålene, men er negativ til å jobbe på denne måten i de prekodete spørsmålene (se tabell 7 og 9 i underkapittel 5.2.1 og 5.2.2).

Begrepet ytre validitet, presentert i underkapittel 4.6.3, omhandler i kvalitative undersøkelser, en overføring av kunnskap (Johannesen et al., 2021). I vår undersøkelse er det enkelte sider som bør drøftes i sammenheng med overføringsverdien til liknende situasjoner. Vi har i vår studie kun sett på en klasse der 20 elever deltok i de to undervisningsøktene, som vil si at vi har et begrenset utvalg. Et begrenset utvalg er ikke nødvendigvis en fallgrube ved en kvalitativ undersøkelse, da det er fokus på det kontekstuelle ved en situasjon, som er av interesse (Johannesen et al., 2021). Gjennom vår undersøkelse har vi forsøkt å beskrive utvalget og konteksten på en tilfredsstillende måte, som er en forutsetning for at den genererte kunnskapen kan overføres. Vi er likevel klar over at alle klasser er forskjellige, og at vi mest sannsynlig kan ha unnlatt noen beskrivelser.

7. Konklusjon og avsluttende refleksjoner

Den overordnede hensikten med denne oppgaven har vært å etablere en bro mellom fagene matematikk og naturfag, med et undervisningsopplegg som baserer seg på matematisk modellering, slik at elevene kan oppleve en relevans mellom fagene. Vi har hatt som mål å finne ut om elevene opplever et utbytte av modelleringsaktiviteten og hva de synes om matematisk modellering. Gjennom denne studien har vi vist at et undervisningsopplegg som baserer seg på matematisk modellering i naturfag danner en tydelig sammenheng mellom fagene matematikk og naturfag, der elevene uttrykker å ha opplevd en relevans med matematikken. Vår diskusjon har vist at modelleringskompetanse på et høyere nivå ikke nødvendigvis medfører at eleven rapporterer om en økt opplevd forståelse av naturfagsfenomenet. Det virker derimot som at bestemte delkompetanser av matematisk modellering har større påvirkning på elevenes opplevde forståelse enn andre delkompetanser. Den delkompetansen som kan ha størst innvirkning på elevenes opplevde forståelse er bruk og anvendelse av matematikken som skal til for å oppnå nivået *utøvende modelleringskompetanse*. Elevene som mestrer denne delkompetansen, er de som uttrykker å sitte igjen med et størst utbytte. Videre har vi gjennom denne oppgaven vist at elevenes uttrykte holdninger etter en matematisk modelleringsaktivitet i naturfag kan ses i sammenheng med den tredimensjonale modellen over holdninger konstruert av Di Martino og Zan (2010) (se figur 7). Vi finner at de fleste elevene uttrykker en positiv holdning til aktiviteten, men det finnes tilfeller med nøytrale og negative holdninger.

Opgaven har bidratt til konstruksjon av et analytisk verktøy som kan brukes til å vurdere elevens matematiske modelleringskompetanse spesielt designet for naturfagssammenheng (se tabell 1). Vårt analytiske verktøy er spesialisert mot den modelleringsaktiviteten vi har gjennomført og naturfagsfenomenet halveringstid, men kan tilpasses til andre modelleringsaktiviteter og naturfagsfenomener ved å justere vurderingskriteriene til de ulike nivåene. Det analytiske verktøyet kan benyttes av andre realfagslærere til å vurdere elevene i modelleringsbasert undervisning og avgjøre hva elevene må trene mer på for å beherske modellering. Som beskrevet i delkapittel 2.2 skal elevene kunne modellere fra grunnen av etter videregående (se figur 4). Med vårt analytiske verktøy kan undervisningen tilpasses elevenes behov for å utvikle elevenes modelleringskompetanse fra *grunnleggende* til *reflekterende*. Videre finner vi analyseverktøyet robust da det er godt forankret i eksisterende litteratur på fagområdet

og har opphav i modelleringssyklusen til Blum og Leiß (2007) (se figur 1), som er en av de mest brukte modellene av modelleringssyklusen.

Funnene fra denne studien gir en indikasjon på at våre naturfagelever ikke har mange erfaringer med modellering og programmering, som stemmer overens med at modellering ikke har hatt en stor plass i tidligere læreplaner (Kunnskapsdepartementet, 2013). Vi frykter at dette også er gjeldende i andre klasser. En slik slutning kan trekkes da vi for tiden befinner oss i en overgangsfase, med elever som i større grad har opplevd den gamle læreplanen gjennom skoleløpet sitt sammenliknet med den nye læreplanen. Av den årsak vil det for naturfaglærere som ønsker å anvende matematisk modellering i naturfag være særlig relevant å ha kjennskap til elevenes erfaringer og evner i både matematikk og programmering. Videre impliserer våre funn at bruken av matematisk modellering i naturfag er noe de fleste elevene kan sette pris på, spesielt med tanke på at elevene kan oppleve matematikk som relevant i tilknytning til naturfag. Våre funn viser at den største barrieren under modellering er refleksjon og det å være kritisk til modellen elevene har laget. I samfunnssammenheng kan de nevnte ferdighetene kobles til enkelte ferdigheter for det 21. århundre, som er viktige i dagens samfunn (Ananiadou & Claro, 2009). Vi ser det som en mulighet å trene elever til å bli effektive borgere i et fremtidig samfunn, ved å kunne trene elevenes ferdigheter for det 21. århundre gjennom matematisk modellering i naturfag.

Fra litteraturgjennomgangen i kapittel 3 bemerket vi oss av gap i tidligere forskning rundt anvendelsen av matematisk modellering i naturfagssammenheng. I delkapittel 3.1 fant vi et gap der vi ikke klarte å finne mye forskning på bruk av matematisk modellering i naturfag. Et bidrag til gapet er undersøkelsen av den matematiske modelleringskompetansen elever innehar i naturfagssammenheng på videregående, og sammenhengen modelleringskompetanse og opplevd forståelse har. Tilsvarende kommenterte vi et gap i delkapittel 3.2 der vi fant lite forskning rundt elevenes holdninger knyttet til matematisk modellering. Et bidrag til gapet er kunnskap rundt hva elevene synes om matematisk modellering i naturfagssammenheng. Vi anser vår forskning som én puslebrikke i et større puslespill der vi vil anbefale mer forskning knyttet til bruk av matematisk modellering i naturfagssammenheng.

Vi har i denne oppgaven kun sett på matematisk modellering av et naturfagsfenomen og vil foreslå tilsvarende forskning på andre naturfagsfenomener. I den forbindelse kan vårt videreutviklede analytiske verktøy, benyttet for å bestemme elevers modelleringskompetanse, justeres og tilpasses for å teste hvorvidt verktøyet fungerer til å vurdere modeller av andre naturfagsfenomener. Videre utforskning kan også inkludere hvilke holdninger som uttrykkes i andre klasser både på studieforbereende og yrkesfaglige linjer, og kan rette et større fokus til hva som er bakgrunnen for de uttrykte holdningene. Vi vil anbefale en større studie av videregående elever ved norske skoler, der temaene vi har tatt opp blir undersøkt i flere klasser, for å gi et større overføringsgrunnlag til norske elever generelt. Med tanke på at vi er i overgangsfasen til ny læreplan vil det være interessant å undersøke om fremtidige videregående elever, som kun har opplevd LK20 som læreplan, oppnår andre modelleringskompetansenivåer sammenliknet med elever som har hatt en blanding av LK06 og LK20. Tilsvarende vil også være gjeldene for uttrykte holdninger ved bruk av matematisk modellering da det er naturlig å tro at flere erfaringer medfører færre tekniske utfordringer for elevene, hvilket vi tror kan påvirke både modelleringskompetanse og holdninger til matematisk modellering.

Referanser

- Ananiadou, K. & Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. *OECD Education Working Papers*, No. 41, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/218525261154>
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Høyskoleforlaget.
- Anker, T. (2020). *Analyse i praksis: En håndbok for masterstudenter*. Cappelen Damm Akademisk.
- Auning, C., Auning, M. & Michelsen, C. (2021). Students' explanations of a complex natural phenomenon using mathematical modeling as a design feature in a model-based inquiry unit [Manuskript innsendt til publisering]. (Tilgjengelig i: Auning, C. (2021). *Styrkelse af folkeskoleelevers modelleringskompetencer gennem et tværfagligt samarbejde mellem naturfag og matematik* [Doktorgradsavhandling, Danmark] UC Viden. s. 103 – 124. https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/174619101/Claus_auning_phd.pdf)
- Bakken, J. & Andersson-Bakken, E. (2021). Innholdsanalyse. I Andersson-Bakken, E. & Dalland, C. P. (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: Forskningsdesign, datainnsamling og analyse* (s. 305 – 326). Universitetsforlaget.
- Berget, I. K. L. & Bolstad, O. H. (2019). Perspektiv på matematisk modellering i Kunnskapsløftet og Fagfornyinga. *Nordisk Tidsskrift for Utdanning og Praksis*, 13(1), 83 – 97. <https://doi.org/10.23865/up.v13.1882>
- Blanco, L. J., Guerrero, E., Caballero, A., Brígido, M., & Mellado, V. (2010). The affective dimension of learning and teaching mathematics and science. I M. P. Caltone (Red.), *Handbook of lifelong learning developments* (s. 265 – 287). Nova Science Publishers
- Blomhøj, M. (2019). Commentary on Part III: Connections to Theory and Practice. I S. A. Chamberlin & B. Sriraman (Red.) *Affect in Mathematical Modeling. Advances in Mathematics Education* (s. 203 – 210). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04432-9_12
- Blomhøj, M. & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: conceptual clarification and educational planning. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 22(3), 123 – 139. <https://doi.org/10.1093/teamat/22.3.123>

- Blum, W. (2015). Quality Teaching of Mathematical Modelling: What Do We Know, What Can We Do? I S. J. Cho (Red.), *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (s. 73 – 96). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3_9
- Blum, W. & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it Be Taught and Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45 – 58.
- Blum, W. & Leiß, D. (2007). How do students' and teachers deal with modelling problems? I C Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Red.), *Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics* (s. 222 – 231). Horwood publishing.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (8. utg.). Routledge.
- Creswell, J. W. & Guetterman, T. C. (2021). *Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (6. utg.). Pearson Education Limited.
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research*. (2. utg.). Sage.
- DeBellis, V. A. & Goldin, G. A. (2006). Affect and Meta-Affect in Mathematical Problem Solving: A Representational Perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 131 – 147. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9026-4>
- Di Martino, P. (2019). Chapter 9: The Complex Relationship Between Mathematical Modeling and Attitude Towards Mathematics. I S. A. Chamberlin & B. Sriraman (Red.), *Affect in Mathematical Modeling. Advances in Mathematics Education* (s. 219 – 234). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-04432-9_14
- Di Martino, P. & Zan, R. (2010). 'Me and maths': towards a definition of attitude grounded on students' narratives. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(1), 27 – 48.
<https://doi.org/10.1007/s10857-009-9134-z>
- Di Martino, P. & Zan, R. (2011). Attitude towards mathematics: A bridge between beliefs and emotions. *ZDM*, 43(4), 471 – 482. <https://doi.org/10.1007/s11858-011-0309-6>
- Fowler, F. J. (2014). *Survey research methods* (5. utg.). Sage.
- Frejd, P. & Ärlebäck, J. B. (2011). First Results from a Study Investigating Swedish Upper Secondary Students' Mathematical Modelling Competencies. I G. Kaiser, W. Blum, R. B.

- Ferri & G. Stillman (Red.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (s. 407 – 416). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_40
- Frønes, T. S. & Pettersen, A. (2021). Spørreundersøkelser i utdanningsforskning. I Andersson-Bakken, E. & Dalland, C. P. (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: Forskningsdesign, datainnsamling og analyse* (s. 167 – 208). Universitetsforlaget.
- Galbraith, P. & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 143 – 162.
<https://doi.org/10.1007/BF02655886>
- Geisinger, K. F. (2016). 21st Century Skills: What Are They and How Do We Assess Them? *Applied Measurement in Education*, 29(4), 245 – 249.
<https://doi.org/10.1080/08957347.2016.1209207>
- Graneheim, U. H., Lindgren, B.-M., & Lundman, B. (2017). Methodological challenges in qualitative content analysis: A discussion paper. *Nurse Education Today*, 56, 29 – 34.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.06.002>
- Hannula, M. S. (2020). Affect in Mathematics Education. I S. Lerman (Red.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (s. 32 – 36). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_174
- Haraldsrud, A. D., Sveinsson, H. A. & Løvold, H. H. (2020). *Programmering i skolen*. Universitetsforlaget.
- Hsieh, H. & Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277 – 1288.
<https://doi.org/10.1177/1049732305276687>
- Ikeda, T. (2018) Evaluating student perceptions of the roles of mathematics in society following an experimental teaching program. *ZDM*, 50(1–2), 259 – 271.
<https://doi.org/10.1007/s11858-018-0927-3>
- Johannesen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2021). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (6. utg.). Abstrakt forlag.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Haugaløkken, O. K. & Aakervik, A. O. (2006). *Samarbeid i skolen: pedagogisk utviklingsarbeid, samspill mellom mennesker* (4. utg.). Pedagogisk Psykologisk Forlag.

- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational researcher*, 33(7), 14 – 26.
<https://www.jstor.org/stable/3700093>
- Kaiser, G. (2007). Modelling and modelling competencies in school. I C. Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Red.), *Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics* (s. 110 – 119). Horwood publishing.
- Kawasaki, T. & Moriya, S. (2011). Using Modelling Experiences to Develop Japanese Senior High School Students' Awareness of the Interrelations between Mathematics and Science. I G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri & G. Stillman (Red.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (s. 603–615). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_58
- Kunnskapsdepartementet. (2013). *Læreplan i naturfag (NAT1-03)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2006.
<https://www.udir.no/k106/nat1-03?lplang=http://data.udir.no/k106/nob>
- Kunnskapsdepartementet. (2019a). *Læreplan i matematikk fellesfag vgl praktisk (matematikk P) (MAT08-01)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020.
<https://www.udir.no/lk20/mat08-01>
- Kunnskapsdepartementet. (2019b). *Læreplan i matematikk fellesfag vgl teoretisk (matematikk T) (MAT09-01)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020.
<https://www.udir.no/lk20/mat09-01>
- Kunnskapsdepartementet. (2019c). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/nat01-04>
- Lim, L. L., Tso, T.-Y., & Lin, F. L. (2009). Assessing science students' attitudes to mathematics: a case study on a modelling project with mathematical software. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(4), 441 – 453.
<https://doi.org/10.1080/00207390802566931>
- Lopes, A. P. C. (2022). Aspects of attitudes towards mathematics in modeling activities: Usefulness, interest, and social roles of mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(4), Artikkel em0711. <https://doi.org/10.29333/iejme/12394>

- Ludwig, M., & Xu, B. (2010). A Comparative Study of Modelling Competencies Among Chinese and German Students. *Journal Für Mathematik-didaktik*, 31(1), 77 – 97.
<https://doi.org/10.1007/s13138-010-0005-z>
- Maaß, K. (2007). Modelling in class: what do we want the students to learn? I C Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Red.), *Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics* (s. 63 – 78). Horwood publishing.
- McLeod, D. B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. I D. A. Grouws (Red.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: (A Project of the National Council of Teachers of Mathematics)* (s. 575 – 596). Information Age Publishing.
- Meister, J., & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Naturwissenschaftliche Phänomene mit Liniendiagrammen naturwissenschaftlich-mathematisch modellieren. I M. Hammann & M. Lindner (Red.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik Band 8* (s. 87 – 106). StudienVerlag.
- Michelsen, C. (2017). Linking Teaching in Mathematics and the Subjects of Natural Science. *Global Journal of Human-Social Science*, 17(G6), 35 – 46.
<https://socialscienceresearch.org/index.php/GJHSS/article/view/2225>
- Niss, M. (2015). Prescriptive modelling – challenges and opportunities. I G. A. Stillman, W. Blum & M. Salett Biembengut (Red.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences* (s. 67–79). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8_5
- Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: an overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109 – 1130.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Pajchel, K., Ramton, A. M. T, S. & Sollid, P. Ø. D. (2019a). Matematikk i naturfag. I L. O. Voll, A. B. Øyehaug & A. Holt, (Red.), *Dybdeløring i naturfag* (s. 172 – 207). Universitetsforlaget.
- Pajchel, K., Ramton, A. M. T, S. & Sollid, P. Ø. D. (2019b). Modeller og modellering i naturfag. I L. O. Voll, A. B. Øyehaug & A. Holt, (Red.), *Dybdeløring i naturfag* (s. 142 – 171). Universitetsforlaget.

- Postholm, M. B. & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanning*. Cappelen Damm Akademisk.
- Redish, E. F. (2017). Analysing the competency of mathematical modelling in physics. I T. Greczyło & E. Dębowska (Red.), *Key Competences in Physics Teaching and Learning* (s. 25 – 40). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44887-9_3
- Schukajlow, S., Kaiser, G. & Stillman, G. (2018). Empirical research on teaching and learning of mathematical modelling: a survey on the current state-of-the-art. *ZDM*, 50(1), 5 – 18. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0933-5>
- Simpson, R. D., Koballa, T. R. & Steve Oliver, J. (1994). Research on the affective dimension of science learning. I D. L. Gabel (Red.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning: A Project of the National Science Teachers Association* (s. 211 – 247). Macmillan Publishing.
- Spooner, K. (2022). What does mathematical modelling have to offer mathematics education? Insights from students' perspectives on mathematical modelling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 1 – 13. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.2009052>
- Sturgis, P., Roberts, C. & Smith, P. (2014). Middle Alternatives Revisited: How the neither/nor Response Acts as a Way of Saying “I Don’t Know”? *Sociological Methods & Research*, 43(1), 15 – 38. <https://doi.org/10.1177/0049124112452527>
- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. (4. utg.). Gyldendal Akademisk. Universitetet i Oslo. (u.å.) Nettskjema. nettskjema@usit.uio.no.
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41 – 57.
- Vedeler, L. (2000). *Observasjonsforskning i pedagogiske fag: en innføring i bruk av metoder*. Gyldendal Akademisk. <https://www.nb.no/items/cce15ac2d26495f757c9973c07fd59f8?page=0&searchText=Observasjonsforskning%20i%20pedagogiske%20fag>
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods* (4. utg.). Sage.

Vedlegg

Vedlegg 1 Oversikt over litteraturen i litteraturgjennomgangen

Forfatter	År	Jornal / Boktittel	Tittel	Tematikk	Kontekst	Lokasjon	Skolenivå	Utvalg	Metoder
Auning et al.	2021	Innsent til publisering i International Journal of Science Education	Students' explanations of a complex natural phenomenon using mathematical modeling as a design feature in a model-based inquiry unit	Matematisk modellering	Naturfag	Danmark	Ungdomsskole	40 elever	Elevprodukt og intervjuer
Blum & Ferri	2009	Journal of Mathematical Modelling and Application	Mathematical Modelling: Can It Be Taught And Learnt?	Matematisk modellering	Matematikk	Tyskland	Ungdomsskole	Ukjent	Analyse av elevbesvarelser og observasjon
Blum & Leiß	2007	Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics	How do students' and teachers deal with modelling problems?	Matematisk modellering	Matematikk	Tyskland	Ungdomsskole	Ukjent	Analyse av elevbesvarelser og observasjon
Di Martino	2019	Affect in Mathematical Modeling. Advances in Mathematics Education	Chapter 9: The Complex Relationship Between Mathematical Modeling and Attitude Towards Mathematics	Holdninger til matematisk modellering	Matematikk	Italia	Barneskole til videregående	>1600 elever	Narrativ analyse
Frejd & Årleback	2011	Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling	First Results from a Study Investigating Swedish Upper Secondary Students' Mathematical Modelling Competencies	Matematisk modellering og holdninger	Matematikk	Sverige	Videregående	381 elever	Spørreskjema og test
Ikeda	2018	ZDM	Evaluating student perceptions of the roles of mathematics in society following an experimental teaching program	Matematisk modellering	Matematikk	Japan	Ungdomsskole	57 elever	Analytisk rammeverk av elevers skriftlige responser på spørsmål
Kawasaki & Moriya	2011	Using Modelling Experiences to Develop Japanese Senior High School Students' Awareness of the Interrelations between Mathematics and Science	Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling	Matematisk modellering	Naturfag	Japan	Videregående	39 elever	Spørreskjema
Lim et al.	2009	International Journal of Mathematical Education in Science and Technology	Assessing science students' attitudes to mathematics: a case study on a modelling project with mathematical software	Holdninger til matematisk modellering	Naturfag	Taiwan	Universitet	26 studenter	Spørreskjema og intervju
Lopes	2022	International Electronic Journal of Mathematics Education	Aspects of attitudes towards mathematics in modeling activities: Usefulness, interest, and social roles of mathematics	Holdninger til matematisk modellering	Matematikk	Brasil	Universitet	117 studenter	Spørreskjema og intervju
Ludwig & Xu	2010	Journal Für Mathematik-didaktik	A Comparative Study of Modelling Competencies Among Chinese and German Students	Matematisk modellering	Matematikk	Tyskland og Kina	Videregående	1108 elever	Analyse av elevbesvarelser
Maaß	2007	Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics	Modelling in Class: What Do We Want The Students To Learn?	Matematisk modellering og holdninger	Matematikk	Tyskland	Ungdomsskole	2 klasser	Intervju, tester og skriftlige prøver
Michelsen	2017	Global Journal of Human-Social Science	Linking Teaching in Mathematics and the Subjects of Natural Science	Matematisk modellering	Naturfag	Danmark	Videregående	30 lærere	Utdrag fra lærerprotokoller
Spooner	2022	International Journal of Mathematical Education in Science and Technology	What does mathematical modelling have to offer mathematics education? Insights from students' perspectives on mathematical modelling	Matematisk modellering	Matematikk	New Zealand	Universitet	12 studenter	Semistrukturerte intervjuer

Deltakernumre: _____

Tema: Radioaktivitet og halveringstid

Relevante kompetansemål:

- *vurdere og lage programmer som modellerer naturfaglige fenomener (KM731)*
- *utforske og beskrive elektromagnetisk og ioniserende stråling, og vurdere informasjon om stråling og helseeffekter av ulike strålingstyper (KM733)*

Modellering av halveringstid med terninger

Hensikt med aktiviteten: Utforske og simulere halveringstid til “et radioaktivt stoff”

Omdanningen av et enkelt atom skjer på et tilfeldig tidspunkt. Dette skal vi prøve å modellere gjennom denne aktiviteten.

Utstyr:

- Ca. 100 terninger (hver gruppe får 50 terninger, to og to grupper går sammen for å samle inn data)
- Datamaskin med Python

Fremgangsmåte:

1. Gå sammen to og to grupper. Start med å kaste alle terningene samtidig. Plukk ut alle seksere. Noter hvor mange terninger som er igjen. Gjenta ved å kaste alle terningene som er igjen og plukk ut alle nye seksere. Tell opp og noter. Gjenta til det er mindre enn 5 terninger igjen.

Før opp resultatene i tabellen her (dere må utvide tabellen dersom det trengs):

Kast nr.	Antall terninger igjen	Antall seksere som tas ut
0	100	
1		
2		

2. Presenter dataene fra tabellen med en grafisk fremstilling. Dette gjøres med Python-kode (Klipp ut og lim inn et bilde av det dere lager her både kode og grafisk fremstilling):
3. Forklar med egne ord hva den grafiske fremstillingen viser:
4. Hvilken type matematisk funksjon ser den grafiske fremstillingen ut som?
5. Bruk et program til å finne et funksjonsuttrykk som passer til den grafiske fremstillingen. Dette gjøres med Python-kode. Beskriv hva funksjonen forteller/betyr med deres egne ord med hensyn til temaet radioaktiv stråling:
6. Plot funksjonsuttrykket dere fikk i steg 5 i Python. Klipp og lim inn både funksjonsuttrykk og grafisk fremstilling her i tillegg til koden dere har brukt:
7. Anslå ut fra den grafiske fremstillingen dere har laget hva halveringstiden til “det radioaktive stoffet” er (forklar hvordan dere har kommet frem til svaret):

Oppgave 4)

I forbindelse med radioaktivitet og halveringstid, hva betyr det at vi får en sekser på terningen?
Hva skulle dette simulere fra virkeligheten?

Oppgave 5)

Dere har gjennomført en simulering av halveringstiden til “et radioaktivt stoff” basert på sannsynligheten for å få en sekser på terningen. Sannsynligheten for å få en sekser på terningen er som dere sikkert vet $1/6$. Foreslå et funksjonsuttrykk som ville passet som modell dersom vi hadde fått en sekser på hver sjettede terning vi hadde kastet.

Oppgave 6)

Prøv å lage en grafisk fremstilling av funksjonsuttrykket dere foreslo i forrige oppgave (oppgave 5) i Python.

Oppgave 7)

Sammenlign den grafiske fremstillingen fra den første simuleringen dere gjorde med terninger med modellen dere laget i oppgave 6.

Drøft/diskuter modellene dere har laget: Styrker/svakheter? Er de forskjellige? Hva kan være grunner til dette?

Oppgave 8)

Hvordan kunne vi i denne simuleringen fått en annen halveringstid til “det radioaktive stoffet”?

Ekstra: Kan dere prøve å gjennomføre en simulering og lage en grafisk fremstilling av det dere foreslo i oppgave 8 tilsvarende det dere har gjort over i Python. Sammenlign med tidligere resultater.

Vedlegg 3 Oppbygningen av spørreskjemaet

* Vi har valgt å overføre spørsmålene fra Nettskjema til et Word-dokument.

Spørreskjema til “matematisk modellering i naturfag”

Dette er en spørreundersøkelse som handler om dine meninger rundt undervisningsopplegget som er blitt gjennomført med oss. Fokuset er på forsøket dere har gjennomført.

Til denne undersøkelsen ønsker vi ikke:

Ditt navn, alder, eller annen personidentifiserende informasjon.

Informasjon om andre deltakere på deres eller andres gruppe (altså navn, alder, osv. ...)

Dersom noe av dette kommer med i besvarelsen, vil den slettes og dermed ikke bli med i videre arbeid.

Vi anslår at spørreundersøkelsen tar ca. 10-15 minutter.

Det er frivillig å delta i spørreundersøkelsen, men vi setter stor pris på at så mange som mulig velger å gjennomføre, og at de som gjennomfører svarer så utfyllende og ærlig som mulig.

Ønsker du å delta i denne spørreundersøkelsen?

- Ja
- Nei

(Hvis det svares nei her avsluttes spørreundersøkelsen)

Hva er deltakernummeret ditt?

Deltakernummer = «Gruppenummer» + «-» + «elevnummer på gruppe». Eksempel: Hvis du er gruppe “2” og har fått elevnummer “1” så er deltakernummeret “2-1”

(Tekstboks med mulighet til å skrive deltakernummer)

Hvilket kjønn er du?

- Gutt
- Jente
- Ønsker ikke å svare

Basert på dine resultater i faget matematikk 1T, hvilken måloppnåelse ligger du på i matematikk 1T?

- Høy
- Middels
- Lav

Beskriv med dine egne ord hvordan en “vanlig undervisningstime i naturfag ser ut.

(Tekstboks med mulighet til å skrive deltakernummer)

Hittil dette skoleåret, hvor mange ganger har du opplevd å drive med modellering[⊠] i naturfag?

⊠Med modellering menes å lage modeller av naturfaglige hendelser, for eksempel: lage grafer, løse likninger, lage funksjoner og/eller lage forenklete illustrasjoner av abstrakte naturfaglige temaer.

- 0
- 1-2
- 3-5
- 6+

Hva opplevde du som mest utfordrende med aktiviteten på fredag?

(Tekstboks med mulighet til å skrive)

Kryss av for det alternativet som passer deg best, til disse påstandene

Spørsmål	Helt enig	Delvis enig	Verken eller	Delvis uenig	Helt uenig
Læringsutbytte					
Jeg synes at modelleringsaktiviteten har hjulpet meg med å forstå halveringstid.					
Før denne modelleringsaktiviteten så jeg ikke en tydelig sammenheng mellom fagene matematikk og naturfag					
Modelleringsarbeidet har gjort at jeg nå ser en tydeligere sammenheng mellom matematikk og naturfag enn jeg gjorde tidligere					

Jeg tror at jeg ville lært mer om halveringstid med andre undervisningsformer					
Jeg har ikke opplevd noe mestring rundt det å lage en modell etter denne aktiviteten					
Tanker/Holdninger					
Jeg ser nytten av å bruke matematikk for å lære om naturfaglige fenomener					
Jeg foretrekker å lage en modell selv fremfor å få den ferdig utlevert fra læreren					
Jeg misliker å jobbe på denne måten der matematikk blir brukt for å modellere naturfaglige fenomener					
Jeg kunne tenke meg at modellering ble benyttet oftere i undervisningen i naturfag framover.					
Opplevelser					
Jeg hadde en positiv opplevelse av å modellere halveringstid					
Jeg følte at jeg fikk til å modellere under gjennomføringen av denne aktiviteten					
Jeg følte meg engasjert rundt temaet halveringstid under gjennomføringen av modelleringsaktiviteten.					
Modelleringsaktiviteten har gjort dette temaet morsomt å jobbe med					
Jeg sitter igjen med en følelse av at modellering gjorde det vanskeligere å lære om halveringstid.					

Vi observerte sist at det var en del tekniske problemer knyttet til programmeringen. Uavhengig av programmeringen, hvilke tanker/refleksjoner gjør du deg rundt den aktiviteten vi har jobbet med?

Her ønsker vi at du skriver litt om:

- Hvordan opplevde du undervisningen på fredag?
- Hvordan har dagens gjennomgang bidratt til din opplevelse av å lage modeller i naturfag?
- Har du ellers noen tanker/refleksjoner om opplegget du vil dele med oss?

(Tekstboks med mulighet til å skrive)

Etter å ha jobbet med denne modelleringsaktiviteten, kan du si noe om hva du synes om å bruke matematikk i naturfag?

For eksempel:

- Hvordan har denne måten å jobbe på, påvirket dine tanker rundt det å involvere matematikk i naturfag?
- Hva er dine umiddelbare tanker når matematikk benyttes for å utforske fenomener i naturfag?

(Tekstboks med mulighet til å skrive)

Nå som du har jobbet med modellering i naturfag, kan du si noe om hva du sitter igjen med fra dette arbeidet?

For eksempel:

- Hva har du lært?
- Kan du si noe om hvordan modelleringsaktiviteten har bidratt til din forståelse av halveringstid og radioaktivitet?
- Kan du si noe om din opplevde mestring av modelleringen, etter å ha gjennomført modelleringsaktiviteten?

(Tekstboks med mulighet til å skrive)

Etter gjennomføringen av modelleringsaktiviteten i naturfag, hva føler du nå rundt det å modellere fenomener i naturfag?

For eksempel:

- Har du opplevd en *endring i følelser* rundt det å jobbe med modeller fra tidligere?
- Hvilke(n) følelse(r) forbinder du til å modellere?
- Hva tenker du om å jobbe på denne måten framover i naturfag?

(Tekstboks med mulighet til å skrive)

Takk for at du valgte å svare på spørreundersøkelsen. Din besvarelse vil forbli helt anonym.

Svarene vi har fått inn vil kun bli benyttet til vårt masterarbeid. Om du ønsker å trekke besvarelsen i ettertid, kan du sende e-post til: mikael.tobiassen@nmbu.no

Besvarelsene vil bli slettet innen 18.oktober 2023.

Ha en fin dag videre!

Vedlegg 4 Utklipp av godkjenning fra NSD



Norsk ▾ Sivert Akselsen ▾

[Meldeskjema](#) / [Matematisk modellering i naturfag](#) / Vurdering

Vurdering av behandling av personopplysninger

Skriv ut

07.12.2022 ▾

Referansenummer

980155

Vurderingstype

Automatisk

Dato

07.12.2022

Prosjekttittel

Matematisk modellering i naturfag

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet – NMBU / Fakultet for realfag og teknologi

Prosjektansvarlig

Tonje Tomine Seland Strat

Student

Mikael Tobiassen & Sivert Akselsen

Prosjektperiode

24.10.2022 - 18.10.2023

Kategorier personopplysninger

Alminnelige

Lovlig grunnlag

Samtykke (Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a)

Behandlingen av personopplysningene er lovlig så fremt den gjennomføres som oppgitt i meldeskjemaet. Det lovlige grunnlaget gjelder til 18.10.2023.

[Meldeskjema](#)

Vil du delta i forskningsprosjektet

“Matematisk modellering i naturfag”?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt, som er en del av vår masteroppgave. Formålet er å finne ut av hvordan videregående elever responderer på matematisk modellering i naturfag. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

I vårt masterprosjekt ønsker vi å undersøke om matematisk modellering bidrar til å styrke elevers forståelse av det som undervises i naturfag på VG1. Vi ønsker også å undersøke hvilke holdninger elevene har til dette undervisningsopplegget, om elevene føler på mestring ved gjennomføring av undervisningsaktiviteten og om det virker engasjerende å gjennomføre aktiviteten.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Fakultet for realfag og teknologi (REALTEK) ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Vi ønsker å ta del i et opplegg rundt matematisk modellering i en naturfagsklasse. Vi er interessert i bruk av matematiske ferdigheter på videregående nivå, av den grunn er naturfag på vg1 av størst interesse for oss. Av den grunn har klassen deres blitt valgt ut.

Hva innebærer det for deg å delta?

I denne mastergradsoppgaven innebærer din deltakelse at du er med på et undervisningsopplegg der matematisk modellering blir benyttet i naturfag. Vi (studenter) vil benytte oss av spørreskjema, observasjon og innleverte elevprodukter til analysering for å besvare oppgaven vår.

- Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du fyller ut et spørreskjema. Det vil ta deg ca. 10-15 minutter. Spørreskjemaet inneholder spørsmål som omhandler dine

personlige meninger om opplegget, og hvordan det har bidratt / svekket din lærelyst. Dine svar fra spørreskjemaet blir lagret digitalt.

- I tillegg blir det gjennomført en observasjon, der vi vil være til stede i klasserommet og samle inn informasjon som kan understøtte besvarelsene fra spørreskjemaet. Det vil ikke bli brukt video eller lydopptak til observasjonen, vi vil kun notere observasjoner på egne ark.
- Elevproduktet blir samlet inn ved slutten av prosjektet. Vi kommer til å analysere elevproduktet for å undersøke hvor langt i modelleringsprosessen dere har kommet.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Velger du å trekke deg vil ikke dette ha noen innvirkning på ditt forhold til skolen eller læreren din. Dersom du velger å ikke delta, vil det bli tilrettelagt et alternativt opplegg når spørreskjemaet blir delt ut.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Til denne oppgaven vil informasjonen vi får fra deg kun være tilgjengelig for de ansvarlige studentene til masteroppgaven: Sivert Akselsen & Mikael Tobiassen, og våre veiledere: Tonje Tomine Seland Strat & Margrethe Naalsund.
- Navnet og opplysningene dine vil vi erstatte med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data.

Ved publisering av oppgaven vil du være anonymisert, og vi vil kun benytte en kode for å kunne skille ulike besvarelser fra hverandre. Det vil ikke være mulig å gjenkjenne deltakere i publikasjonen. Vi vil kun publisere mulige kodede svar fra spørreskjemaet, elevbesvarelser og elevprodukter, i tillegg kan elevutsagn bli tatt med, eventuelt andre interessante observasjoner. Alle deltakere vil forbli anonyme.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes når oppgaven blir godkjent ca. 18. oktober 2023. Etter prosjektet er sluttet vil alle dataopplysninger om deg bli destruert / slettet. Vi vil makulere alle fysiske dokumenter som omhandler informasjon om deg, og sørge for at det som finnes lagret elektronisk blir slettet.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra fakultet for realfag og teknologi ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet har Personverntjenester vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

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

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

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

Fakultet for realfag og teknologi ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet ved vår hovedveileder: Tonje Tomine Seland Strat tonjeto@oslomet.no,

og ansvarlige studenter: Sivert Akselsen sivert.akselsen@nmbu.no,

Mikael Tobiassen mikael.tobiassen@nmbu.no

Vårt personvernombud: Hanne Pernille Gulbrandsen personvernombud@nmbu.no

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

Personverntjenester på epost (personverntjenester@sikt.no) eller på telefon: 53 21 15 00.

Med vennlig hilsen

Tonje Tomine Seland Strat

(Veileder)

Sivert Akselsen & Mikael Tobiassen

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *Matematisk modellering i naturfag*, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i spørreskjemaundersøkelsene
- å delta i undervisningsopplegget som blir observert
- å levere fra meg et elevprodukt fra dette undervisningsopplegget

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

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 6 Mikael's logg etter de to undervisningsøktene

*Loggen ble notert ned før elevnumrene ble endret, dermed er det ikke samsvar mellom elevnummer i teksten og loggen.

Logg	Mikael Observasjoner fredag 27.1 Side 1
	3 3=1 → 2=2 : Vil treffe null - 6. gradspolynom - ikke linear 1. gradsfunksjon 3=2 → 3=1 : Linear graf = 1. grads funksjon 3=3 → 3=1 : Ikke-linear, 2. grad - den går sårn (buet)
	Mye hjelp er ren teknisk rundt programmering
	2 → 3 → 3=1 : Kan man finne et x-uttrykk når grafen går ned? 3=1 → 2=1 : Man kan men da er ikke x konstant.
	"Jeg skjønner ikke hva jeg skal gjøre!" - Flere "Hva skal jeg med dette?" (peker på funksjonsuttrykk fra regresjon og grafisk fremstilling)
3:	"Å, så jeg bare ser på y-aksen på 100 og ser på 50 og følger grafen for å se halveringsstid?" (Betreffende spørrende rundt egen forståelse.
	Logg: Elevene satte seg i læringsgrupper på 4-5, først fikk 3-grupper 100 terninger 2 fikk introspm. Etter ca. 10 min fikk de byttet de.
	Hoveddel: Gruppene ble delt i to der de skulle samarbeide om å programmere og skrive på word. Mange elever stod fast og var usikre på hva de skulle gjøre i jupyter notebook-en. Problemet de beskriver var at de ikke visste hvordan de skulle føre inn data i en variabel og hvordan de skulle definere variablene. Et flertall av elevene plottet grafen ukritisk i steg 6. Blant benyttet rådata

framfor punkter fra regresjonen. Et flertall elever ante ikke hvordan man importerte biblioteker. Flere elever ble tipset av student til å kopiere data kode fra tidligere i dokumentet. Når elever fikk grafiske framstillinger virket det som at de var usikre på hva de skulle bruke den til videre. En gruppe (3) fikk eksplisitte hint til oppgave 5 til hvordan man løser den.

- Her kunne kanskje oppgaven blitt gjort enklere, ved å spørre om uttrykk i oppgaveskrivet, og skrevet inn uttrykke på forhånd i jupyter-fila.

*Flere tanker rundt kodingen:

- Kunne vært lurt å forhåndsimportere biblioteker, da elevene ikke hadde forutsetning for å gjøre dette på egenhånd.

- Kommentarene i koden hadde nok vært nyttig om elevene hadde skrevet den selv.

- Kodene kunne vært skrevet enda mer på forhånd, da programmeringen ikke var fokusert

Det ble hørt at elever pratet om hvilken funksjonstipe som ville passe best. Andre elever var usikre på hvordan man kunne tolke funksjonen: "Hva sier denne funksjonen?" (i forbindelse med steg 5).

(2) ← refereren til gr. 1

Nor sluttet rakk noen elever å anslå halveringstid, men ~~de~~ de skulle anslå den, var de usikre på hvordan man gjorde det v.h. a grafen. Eleven ble spurt: "Hva er egentlig halveringstid - hva sier halveringstiden?" Til dette svarte eleven: "Halve tiden for stoffet blir omdannet til halvparten av noe annet." - dette er essensen i det som ble svart. Jeg tenker at dette er en knottete formulering, som enten uttrykker en viss usikkerhet rundt halveringstid som begrep, eller et tilfeldig tilfelle av at eleven ~~benyttet~~ roter med ord, da spørsmålet var urentet.

Eleven ble gitt en forklaring av student, da det hadde vært et innspill av ^{den} andre studenten i plenum. Basert på dette ("Halveringstid er tiden det tar fra man har en viss mengde av et stoff, til man har halvparten"), blarte eleven å estimere halveringstiden til $\sim 4-5$ post, basert på grafen.

Har erfart mange hender i verlt for å få oppklaring av spørsmål, spørsmål, programmering og resultater fra programmeringen. Mitt inntrykk er at flestallet av spørsmålene kommer fra jenter i klassen, ikke unaturlig da det er flestall av jenter (-vekt dette når man får presist tall på kjønnsfordeling?).

Kommentar til intro-spm.: Virket som elevene har trodd at vi ønsket så korrekte svar som mulig, og ikke deres forklaringer, da elevene brukte lang tid på å besvare spm. ~ enkelte besvarte et fatalt noen fikk bare besvart 1 spm (tiden gikk ut).

↳ Burde kanskje vært tydelig på hva vi forventet av svar, og vært mer tydelig på tidsbruk.

2-3 → student: „Er dette riktig?“ (spredningsplott av data)

Observerte flere ganger elever ved gruppe 2 & 4 som bare stirret i skjermen framfor å spørre om hjelp fra elever / studenter.

Det ble observert elever ved gruppe 3, som benyttet seg av GeoGebra til å tegne funksjonsuttrykket.

Mine tanker rundt dette er at elevene benyttet dette for å dobbeltsjekke at resultatene de fikk i Python stemte, ved å benytte et program de kjente bedre.

Det ble også overhørt at elever dobbeltsjekkete grafene de tegnet i grupper ~~for~~ python innad i gruppa.

Jeg tenker at de gjorde dette for å forsikre seg om at de hadde programmert riktig.

Logg ~~31~~ 31.1.23

side 4

- 21 ~ "Ser at den halverer seg ved hver 4. (funksjonen)"
3 ~ "Vi lagde begge [grafer] og ser at en er mer generell og den andre er "riktig" ... ved flere forsøk vil grafen bevege seg mot den "generelle", men det vil aldri være en garanti, da f.eks. noen kan kaste 100 ^{sekser} terninger på 1. kast."
- 1 ~ "Det simuleres at et stoff avgir ~~radiot~~ radiodaktiv stråling".
- 4 ~ ~~Det etterlikner~~ En sekser er strålingen et stoff sender ut"
- 2 & 3 "Vi kan få annen halveringstid ved å kaste terningene på nytt" 3 ~ "Vi kan plukke ut andre terninger, da kan halveringstiden endre seg."

Det ble ~~observert~~ ^{overhørt} at gruppe 5 pratet om andre ting enn fag.
Gruppe 5 fikk sett lite da de sa ifra om at de ikke klarte å lese det som stod på tavla (etter at gjennomgangen var over).

Timen startet med en introduksjon av temaet av student. Videre ble elevproduktet fra forrige fredag samlet inn via 2 minnepennmer.

Tanker til dette: Tok 20 min, da elevene sluttet med å overføre filer over til minnepenn, kanskje en one-Note mappe hadde spart mer tid.
Videre var det tekniske utfordringer knyttet til prosjektor.

Ved gjennomgang var én student "forteller" og gikk gjennom oppgavearket steg for steg og oppgave for oppgave. Samtidig ble det fortalt om hva man måtte programmere i jupyter. Kodingen gjorde den andre studenten, samtidig med gjennomgangens fortelling. Oppgavene ble gitt i plenum, én skulle elevene diskutere gruppevis og så svare i plenum. Under et steg møtte 2 elevgrupper på problemene rundt programmeringen, her hjalp begge studentene til, det var under dette at den ene studenten fikk vite at gruppe 5 så lite av det som ble vist på tavla.

Tanker rundt dette er at gjennomgangen gikk fint, det var få problemer, og det virket som at de fleste fulgte med på det som ble sagt / gjort. Besvarelsene vi fikk i plenum har blitt notert som sitater, ikke ordrett, men innholdet passer med det som ble sagt av elevene.

Avsluttet timen med spørreskjema.

Generelle tanker:

- Mitt inntrykk av klassen er at de virket positivt innstilt til opplegget, selv om de møtte motgang.

Det virket som elevene var positive til vårt nærvær i timen, da de var komfortable med å få hjelp fra oss, selv om de hadde tilgang til foreleser.

Vedlegg 7 Siverts logg etter de to undervisningsøktene

*I denne loggen er elevnumrene oppdatert og samsvarer med resten av teksten.

Siverts logg etter den første undervisningsøkten:

Oppstart:

Timen startet med at elevene satt seg i grupper på fire og fire. Vi startet deretter med å fortelle planen for timen, at vi skulle prøve å simulere halveringstid. Tre grupper fikk utdelt 100 terninger hver for å samle inn nødvendig data, mens de to siste gruppene startet med noen innledningsspørsmål. Når gruppene med terningene var ferdige bytte de slik at alle fikk samlet inn datamateriale.

Dette opplevde jeg:

Elevene var ivrige i å komme i gang med å kaste terninger og det virket som de opplevde dette som en morsom aktivitet. De telte ivrig opp og fylte inn tabellene de hadde fått utdelt.

Et sitat fra en elev fra gruppe 5: «Vi kan ikke bruke boksen for å kaste terningene for det er mye morsommere å kaste de for hånd».

Jeg opplever aktiviteten med 100 terninger som litt kaotisk, hvor det er noen terninger som faller på gulvet og at det tar litt lang tid når alle på gruppa skal være med å kaste og de skal ha ca. like mange terninger hver. En gruppe (gruppe 4) fikk problemer halvveis med noteringen av antall terninger de hadde igjen, slik at de måtte begynne på nytt.

Jeg opplever at elevene kaster terningene fordi de har fått beskjed om det og jeg er usikker på om elevene har en formening om hva det er disse terningene faktisk skal forestille. Forstår elevene hvorfor vi i heletatt kaster terningene og samler inn data med disse?

Mens jeg skriver, gjør jeg meg disse tankene:

Tidsmessig tenker jeg at det kanskje kunne vært hensiktsmessig å bruke færre terninger, da det ville tatt kortere tid og det hadde vært mindre å holde styr på. Samtidig tror jeg at elevene syns det er morsommere når det er mange terninger. Vi burde kanskje sagt mer innledningsvis om temaet halveringstid og hva disse terningene skulle symbolisere for at elevene skulle forstå det. Samtidig er noe av målet vårt med opplegget at elevene skulle finne ut av dette selv.

Hoveddel med programmering:

Når alle gruppene til slutt hadde fått samlet dataene og vi fikk avsluttet innledningsoppgavene, (Siden dette tok overaskende lang tid, ble ikke alle gruppene ferdig med innledningsoppgavene. Dette var bare repetisjonsspørsmål så vi tenkte at det ikke var nødvendig å bruke mer tid til dette), informerte vi videre om opplegget.

Det første vi gjorde var å vise elevene hvordan de skulle åpne Jupyter Notebook-filen og vise de oppgavene som de skulle jobbe med. Elevene fikk sette i gang og løse oppgavene innad i gruppene. I grupper på fire skulle 2 og 2 elever løse oppgavearket i fellesskap.

Dette opplevde jeg:

Jeg opplevde at elevene har lite erfaring med programmering og at vi på forhånd hadde et inntrykk at elevene hadde et høyere nivå enn de faktisk hadde.

Jeg opplevde at elevene slet med å skille mellom oppgaveark og programmeringsfil og at det å hoppe mellom dokumentene ble en utfordring. Planen her var at de skulle samarbeide mer ved at en elev besvarte oppgavearket, mens den andre skulle fylle ut programmeringsfilen. Dette ble ikke fulgt helt i gruppene og det skapte litt utfordringer. Her burde vi kanskje vært tydeligere på elevenes roller innad i gruppene slik at de holdt seg til disse.

Utfordringer under opplegget: Flere av gruppene hadde mye tekniske problemer med selve programmeringen og det å legge inn verdiene og kodelinjene som trengtes. Det er åpenbart at de ikke har hatt mye programmering tidligere og at de synes dette er vanskelig.

Gruppe 2 og 5: Kom fort i gang og klarte de enkleste kodesnuttene i starten av opplegget. Forsto at de kunne kopiere kodene fra eksemplene og det virket som de skjønnte en del av programmeringen. Det oppsto litt tekniske utfordringer med programmeringsdelen lenger ut i oppgaven hvor de skulle finne funksjonsuttrykket og plote dette, men det virket som de hang med på selve modelleringen. De slet med å foreslå hva slags funksjonsuttrykk det kunne være og den ene delgruppen prøvde å tegne noen funksjoner i GeoGebra for å finne ut om de lignet på det de hadde fått frem.

Gruppe 6: Slet mer med å komme i gang med programmeringsbiten. Skjønnte ikke helt hvordan de skulle begynne. Fikk lagt inn tall i listene, men første gang ble feil tall lagt til så grafen ble feil. Den ene delgruppen hadde lagt inn antall seksere de hadde fått og ikke antall terninger de hadde igjen. Når de sammenliknet grafene sine så forsto de fort at det var noe som ikke stemte, men trengte litt veiledning for å finne feilen.

Gruppe 4 og 7: Denne gruppen forsto ganske raskt at de kunne bruke kodeeksemplene som hjelp og med litt teknisk veiledning var dette gruppen som kom lengst i arbeidet. Det virket som de fikk til det meste og at de forsto hva det handlet om.

Gruppe 1 og 9: Hadde tekniske utfordringer med programmeringen og forsto ikke helt hva de skulle gjøre. Stilte stadig spørsmål om hva de skulle skrive inn på de ulike kodene

Gruppe 3 og 8: Hadde en del tekniske vansker med programmeringen. Observerte en av deltakerne som satt og prøvde litt ekstra i pausen hvor det så ut som han likte å sitte å fikle med det.

Når jeg skriver, gjør jeg meg disse tankene:

Jeg er litt overasket over hvor mye tekniske problemer som oppsto med programmeringen da vi hadde laget et detaljert dokument med eksempler og hjelpetekst. Jeg tenker at det kanskje ble litt mye tekst i eksemplene og at elevene følte det ble litt overveldende. Her kunne det nok vært hensiktsmessig og gått grundigere gjennom eksemplene og fortalt tydelig hva som trengs for å lage grafiske fremstillinger. Dette ble ikke gjort da vi fikk et inntrykk av at elevene hadde en viss forkunnskap i programmering. I ettertid ser vi at det inntrykket ikke stemte helt. Her tror jeg at en slik gjennomgang kunne ha hjulpet elevene til å bli tryggere på selve verktøyet som programmering er og da hadde det kanskje ikke blitt like mye tekniske problemer.

Avslutningsvis av økta:

Vi bestemte etter gjennomføringen at vi skulle komme tilbake på tirsdag for å gå grundigere gjennom opplegget sammen med elevene og vise de mer av programmeringen.

Dette opplevde vi:

Vi opplevde at oppgavearket var for omfattende med for mange oppgaver.

Vi endte derfor med å la elevene få jobbe så langt de kom ut timen. Vi bestemte oss for at vi heller skulle komme tilbake på tirsdag for å ta en grundig gjennomgang av oppgavene sammen med elevene og gjennomføre spørreskjemaet etter denne gjennomgangen.

Elevutsagn under gjennomføringen:

Gruppe 6: Hva gjør jeg nå? Hvordan lage plot? Jeg bare kopierer det de har gjort.

Gruppe 2 og 5: Vi vet ikke om det er eksponentiell eller brøkfunksjon? Det er en ikke lineær funksjon.

Gruppe 1 og 9: Hva gjør jeg nå? Kan du vise oss? Vi skjønner ikke

Gruppe 4 og 7: Det må være en ikke-lineær funksjon.

- Jeg skjønner ikke helt den lange kodelinja her, hva er det jeg må gjøre?

Gruppe 6: Jeg syns programmering er vanskelig! Jeg skjønner ikke! Jeg liker Jupyter bedre enn Spider, men jeg skjønner fortsatt ikke. Spider skjønner jeg ingenting av.

Tanker etter gjennomføring:

Når vi viste programmerings-fila kunne vi for eksempel ha gått igjennom den første kodesnutten med elevene for å oppklare tydeligere hva som trengs for å lage et plot. Dette kunne kanskje ha hjulpet elevene slik at vi hadde unngått like mange tekniske problemer.

Før timen så var en tidligere versjon av oppgavearket tilgjengelig. Denne versjonen var utdatert, men noen av gruppene begynte å jobbe med den. Dette førte til at de kom til noen oppgaver som ikke samsvarte med programmerings-filen noe som skapte utfordringer. Her burde vi vært tydeligere under oppstarten på hvilket dokument elevene skulle åpne.

Observasjonsmessig var det vanskelig å få skrevet ned observasjoner når det ble masse spørsmål om tekniske problemer med programmeringen. Vi kan diskutere om det hadde vært mulig å bruke et annet program som for eksempel Excel eller GeoGebra, men våre første tanker rundt det er at det ville oppstått tekniske utfordringer der også. Elevene ville klart å sette opp tabeller med dataene sine, men vi tror at det ville oppstått utfordringer med å lage grafer på lik linje her som i Python.

Ellers om gjennomføring er elevene i klassen veldig tålmodige og positive til opplegget og prøver og feiler frem og tilbake for å komme videre med oppgavene. Det er så klart utfordrende å bruke et program når man har lite erfaring. Det virker imidlertid som at elevene har lyst til å lære å bruke programmet og setter pris på veiledning og tilbakemeldinger. Enkelte elever på gruppe 6, 1, 9, 3 og 8 uttrykte frustrasjon eller tafatthet rundt programmering, og forsto ikke helt vitsen med det vi holdt på med.

Logg etter den andre undervisningsøkten:

Oppstart:

- Vi startet med å fortelle planen for dagen og samlet inn dokumentene som elevene jobbet med på fredag. Vi samlet de inn på minnepenner som vi sendte rundt i klasserommet. Dette tok litt lang tid, men vi fikk inn dokumentene.

Hoveddel:

- Vi fant frem programmerings-filen igjen for å gå gjennom denne nøyere slik at elevene skulle få noe ut av undervisningsopplegget.
- Denne ble gått igjennom steg for steg hvor elevene fikk diskutere diskusjonsspørsmålene underveis i grupper.

Observasjoner:

- Flere grupper er aktivt med på diskusjonene og svarer utfyllende på spørsmålene. Det virker som at det er mer forståelig denne gangen enn det følte på fredag.

På steg 3 svarte gruppe 6: Den grafiske fremstillingen viser hvor mange terninger vi har igjen. Vi tar ut sekserne hver gang og da får vi færre og færre terninger.

På steg 7 svarte gruppe 6: Vi ser på grafen hvor den starter og så må vi se hvor halvparten ligger. Det blir vel ca. 4?

Oppgave 4: Hva betyr det at vi får en sekser?

Gruppe 1 og 9: Det betyr at et radioaktivt stoff fjerner et stoff fra kjernen

Gruppe 2 og 5: Det betyr at et stoff sender ut radioaktiv stråling

Gruppe 6: En sekser på terningen betyr at en atomkjerne har sendt ut radioaktiv stråling.

Oppgave 5 og 6 ble det dessverre ikke tid til

Oppgave 7:

Gruppe 2 og 5: Man klarer jo å anslå halveringstiden, så da er det vel bra

Gruppe 6: Det er jo en fin graf

Oppgave 8:

Gruppe 6 og Gruppe 4 og 7: Når man kaster terningene på nytt vil man få en annen modell, som vil gi en annen halveringstid.

Gruppe 4 og 7 var inn på at man kunne ta ut noe annet enn seksere, hvor jeg da foreslo at man kunne ta ut 2ere og 4ere.

Det jeg opplever etter dagens gjennomgang:

Jeg opplever at elevene er mer med på hva kodesnuttene gjør og på hvordan man bruker verktøyet for å lage en modell. Det virker som det er mer forståelig for elevene hva som er poenget med å lage modellene. Dette begrunner jeg gjennom svarene elevene gir på diskusjonsspørsmålene og ved at flere av gruppene er med og svarer på spørsmålene som stilles. Elevene svarer utfyllende og riktig på spørsmålene som indikerer at de har forstått temaet og poenget med modellen de har laget.

Når jeg skriver, gjør jeg meg disse tankene:

Jeg tenker at: Etter å ha brukt en økt på å prøve og feile og slite litt med programmet er det godt for elevene å få en oppsummering og en gjennomgang slik at det ikke bare blir liggende å gnage som noe de ikke fikk til.

Igjen tenker jeg at vi kanskje kunne ha benyttet et annet program, men siden programmering er kommet for å bli kan dette være en fin introduksjon til bruk for elevene. Det virket som det ble klarere for elevene etter gjennomgangen.

Sitat fra meg: "Vi bruker python som et verktøy til å lage modeller. Her har vi laget grafiske fremstillinger og funksjonsuttrykk. Det er viktig å huske på at det ikke er det eneste verktøyet som kan brukes. Vi kunne for eksempel ha brukt Geogebra eller Excel som dere kanskje har brukt mer, men i denne øvelsen valgte vi å bruke Python i Jupyter.

Den modelleringen vi har holdt på med handler om å bruke matematikken til å forstå naturfagstemaet bedre og her har vi laget grafiske fremstillinger og funksjonsuttrykk gjennom Python."

Etter denne gjennomgangen fikk elevene utdelt spørreskjemaet som de fikk svare på resten av timen.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway