

Aurora Brovold

Elevaktiv læring gjennom skapende arbeid: produksjon av tegneserier i naturfag

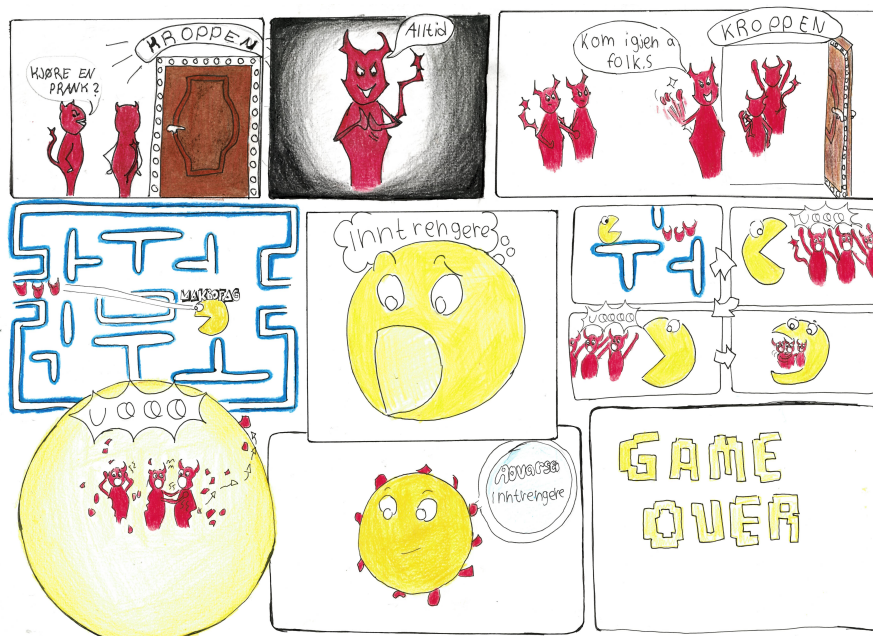
En intervensjonsstudie i biologididaktikk

Masteroppgave i Lektorutdanning i realfag 8.-13. trinn

Veileder: Helena Bichao

Medveileder: Berit Bungum

Juni 2024



Aurora Brovold

Elevaktiv læring gjennom skapende arbeid: produksjon av tegneserier i naturfag

En intervensjonsstudie i biologididaktikk

Masteroppgave i Lektorutdanning i realfag 8.-13. trinn
Veileder: Helena Bichao
Medveileder: Berit Bungum
Juni 2024

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



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Jeg vil gjerne dedikere en takk til mine to veiledere, Helena og Berit, som har gitt gode og grundige tilbakemeldinger gjennom hele prosessen. Helena har hjulpet meg å finne relevant litteratur, og kommet med mange gode innspill til diskusjonen og utformingen av undervisningsopplegget. Berit har delt sine erfaringer med analyse og rapportskrivning, og bidratt med nyttige tilbakemeldinger på tekst og innhold. Tilbakemeldingene har vært svært hjelpsomme, og jeg setter pris på at dere har sagt at jeg skal stole på meg selv.

En stor takk rettes også til min søster, Sandra, som testet opplegget og laget en flott tegneserie om immunforsvaret som resultat. Den fortjener egentlig en plass på forsiden, men skriften var dessverre for liten. Den har heldigvis fått en plass i denne oppgaven likevel. Tilbakemeldingene dine på oppgaveformuleringen og fagnotatet var uvurderlige.

I tillegg rettes en takk til min samboer, Stian, som har korrekturlest store deler av oppgaven på tampen av innleveringsfristen, og vært en god sparringspartner i utviklingen av idéer til undervisningsopplegget og formulering av problemstilling. Du har også hjulpet meg som teknisk support i desperate tider, og vært en viktig støttespiller i hverdagen.

Til slutt vil jeg prisgi mine medstudenter, Lina, Andrea, Marthe, Julie og Mari, for en hyggelig studenttilværelse, masse latter, alt for mange og lange pauser, og herlige turer til Notodden, Aure, Son og Røros. Jeg gleder meg til flere toppturer og til at vi skal runde av studietiden med en heidundrende tur til Lofoten i sommer!



Aurora Brovold

Trondheim, 2. juni 2024

Sammendrag

Denne studien undersøker hvordan bruk av tegneserier fungerer i naturfagundervisning, som en estetisk og kreativ arbeidsmetode for å oppnå en konseptuell og holistisk forståelse av immunforsvaret. Problemstillingen som undersøkes er: Hvordan fungerer undervisning hvor elever produserer egne tegneserier for å lære om immunologi i naturfag?

Det ble benyttet et teoretisk rammeverk utviklet av Ghazal og Hokayem (2023), som består av ferdigheter innen tre temaer; funksjon, interaksjoner og mikro/makro-relasjoner. Disse er nyttige kunnskapsnivåer elever bør vite noe om for å kunne danne seg en helhetlig forståelse av kroppslige systemer. Jeg har modifisert rammeverket noe slik at det passer temaet og målgruppen.

Jeg utviklet et undervisningsopplegg der elevgrupper produserte tegneserier om en egenvalgt sekvens av immunresponsen som igangsettes når man tar vaksine mot hjernehinnebetennelse. Opplegget ble gjennomført i en 9. klasse der jeg under forskningen hadde en vikariatstilling som matte- og naturfaglærer. Jeg utviklet tre støttekomponenter til opplegget: en lysbildefremvisning, et fagnotat og et mini-tegnkurs. Elevene jobbet i grupper, og det ble totalt brukt 4 undervisningsøkter. Til slutt gjennomførte klassen en gallerivandring (*Gallery Walk*) der gruppene presenterte tegneseriene sine for hverandre.

De ferdigstilte tegneseriene ble sortert i fire kategorier, og én tegneserie fra hver kategori ble tilfeldig valgt. Elevgruppene som hadde laget disse fire tegneseriene ble så intervjuet, og utsagnene er benyttet som datakilde for refleksiv tematisk analyse. Analysen resulterte i fire temaer: *Fantasifulle fremstillinger, analogier og adoptert språk; Antropomorfisme og fragmenterte forklaringer; «Vi ville heller fokusere på å gjøre det mer forståelig»* og *«Man måtte lese noe for å klare å skjønne hva man skulle tegne»*. I tillegg til intervjuer ble tegneseriene skannet inn og brukt som tilleggsmateriell for å undersøke ulike aspekter ved problemstillingen. På grunn av ulike gruppestørrelser ble det totale antallet informanter 6 elever.

I tråd med tidligere forskning (Matuk et al., 2021), viser denne studien at bruk av estetiske arbeidsmetoder er motiverende for flere ulike elev-typer enn kun den typiske «naturfageleven». I tillegg viser studien at når elever produserer tegneserier skapes et behov for kunnskap, idet de først må bestemme seg for hva de skal illustrere, og dermed forstå det de skal illustrere, for å klare å få det ned på papir og formidle det til andre.

Videre viser resultatene at elevene uttrykker god forståelse av fagstoffet, og at de er svært kreative i sin formidling. Formidlingsmetodene inkluderte antropomorfisme, analogier og fantasifulle historier og eventyr. De benyttet også referanser fra egen hverdag, hvilket taler for tidligere forskning som viser til at tegneserier kan være en bro mellom elevenes hverdag og vitenskapens språk og konsepter (Spiegel et al., 2013; Morrison et al., 2002; Matuk et al., 2021).

Abstract

This study investigates how the use of comics functions in science education as an aesthetic and creative method to achieve a conceptual and holistic understanding of the immune system. The research question being explored is: How does teaching where students produce their own comics to learn about immunology in science work?

A theoretical framework developed by Ghazal and Hokayem (2023) was used, consisting of skills within three themes: function, interactions, and micro/macro relations. These are useful levels of knowledge that students should know something about in order to form a comprehensive understanding of bodily systems. I have modified the framework somewhat to suit the theme and target group.

I developed a teaching program where student groups produced comics about a self-chosen sequence of the immune response that is triggered when one takes a vaccine against meningitis. The program was carried out in a 9th grade class where I had a temporary position as a math and science teacher during the research. I developed three support components for the program: a slide presentation, a subject note, and a mini drawing course. The students worked in groups, and a total of 4 teaching sessions were used. Finally, the class conducted a gallery walk where the groups presented their comics to each other.

The completed comics were sorted into four categories, and one comic from each category was randomly selected. The student groups that had created these four comics were then interviewed, and their statements were used as data sources for reflexive thematic analysis. The analysis resulted in four themes: imaginative representations, analogies and adopted language; anthropomorphism and fragmented explanations; "We wanted to focus on making it more understandable" and "You had to read something to be able to understand what you were supposed to draw." In addition to interviews, the comics were scanned and used as supplementary material to investigate various aspects of the research question. Due to different group sizes, the total number of informants was 6 students.

The study's findings show that the use of aesthetic working methods is motivating for various types of students, not just the typical "science student," in line with previous research findings (Matuk et al., 2021). Additionally, the study shows that when students produce comics, a need for knowledge is created, as they must first decide what to illustrate, and thus understand what they are to illustrate, in order to get it down on paper and communicate it to others.

The results further show that students achieve very high competence in immunology as a result of the work and that they are very creative in their communication. Communication methods included anthropomorphism, analogies, and imaginative stories and adventures. They also used references from their own everyday lives, which supports previous research showing that comics can be a bridge between students' everyday lives and the language and concepts of science (Spiegel et al., 2013; Morrison et al., 2002; Matuk et al., 2021).

Innhold

Figurer	vii
Tabeller	vii
Forkortelser/symboler	vii
1 Innledning	8
1.1 Motivasjon for prosjektet	8
1.2 Oppgavens oppbygning	9
2 Immunforsvaret – i vitenskapen og i undervisning	11
2.1 Vaksinenes historie og immunforsvarets respons	11
2.2 Viktigheten av konsistent begrepsbruk	14
2.3 Å lære om immunforsvaret som kroppslig system – et rammeverk	15
2.4 Misoppfatninger angående immunforsvaret	16
3 Læringsteori	17
3.1 Konstruktivisme, konseptuell læring og analogier	17
3.2 Estetiske læringsprosesser	18
3.3 Seks læringsprosesser tegning fremmer	20
4 Didaktiske perspektiver	22
4.1 Tegning, motivasjon og læring	22
4.2 Tegneaktiviteter har ulike formål	22
4.3 Tegninger er vindu til elevens tenking	23
4.4 Vitenskapelige tegneserier som læringsverktøy i naturfag	24
4.5 Lignende forskningsprosjekter med tegneserie-workshops	25
5 Utvikling av undervisningsopplegg	27
5.1 Beskrivelse av undervisningsopplegg	27
5.1.1 Oppgavebeskrivelse og lysbildefremvisning	27
5.1.2 Fagnotat	28
5.1.3 Mini-tegnekurs	28
5.1.4 Gallerivandring	28
5.1.5 Undervisningsplan	29
5.2 Mål med undervisningsoppleget	30
5.3 Inspirasjon og begrunnelse for valg	31
5.4 Gjennomføring av undervisningsopplegg og refleksjoner	32
6 Kvalitative forskningsmetoder	35
6.1 Forskningsdesign – kvalitativ studie	35
6.1.1 Intervensjonsforskningens fem steg	35
6.2 Beskrivelse av utvalg	38

6.3	Datainnsamling	38
6.3.1	Elevproduserte tegneserier	38
6.3.2	Kvalitativt intervju	39
6.4	Dataanalyse	41
6.5	Kvalitet	42
7	Tematisk analyse – hvordan jeg gjorde det	44
8	Resultater – tegneserier og tema	51
8.1	Elevproduserte tegneserier	51
8.1.1	Utydelig/kreativ	52
8.1.2	Faktabasert/informativ	53
8.1.3	Eventyr/historie	54
8.1.4	Tydelig analogi	56
8.1.5	Øvrige tegneserier	57
8.2	Fagforståelse – forskningsspørsmål 1	61
8.3	Formidlingsstrategier og elevenes opplevelser – forskningsspørsmål 2 og 3	65
9	Generell diskusjon	73
9.1	Hvilken fagforståelse av immunologi kommer til uttrykk gjennom elevenes forklaringer av egne tegninger?	73
9.2	Formidlingsmetoder og elevenes opplevelse	76
9.2.1	Fantasifulle fremstillinger, analogier og adoptert språk	76
9.2.2	Antropomorfisme og fragmenterte forklaringer	78
9.2.3	«Vi ville heller fokusere på å gjøre det mer forståelig»	79
9.2.4	«Man måtte lese noe for å klare å skjønne hva man skulle tegne»	80
9.3	Begrensninger av studien	81
10	Konklusjon	83
10.1	Implikasjoner	84
10.2	Videre forskning	84
	Referanser	86
	Vedlegg	94

Figurer

Figur 3.1: Læringsmål for estetiske arbeidsmetoder (Lindström, 2012)	19
Figur 6.1: Ekspert-tegneserie som en del av steg 3 i intervensjonsforskning	37
Figur 7.1: Bilde av min manuelle kodingsprosess med markeringstusj og kodelapper.	45
Figur 8.1: <i>Tegneserie A</i>	52
Figur 8.2: <i>Tegneserie B</i>	53
Figur 8.3: <i>Tegneserie C</i>	54
Figur 8.4: <i>Tegneserie D</i>	56
Figur 8.5: <i>Tegneserie E</i>	58
Figur 8.6: <i>Tegneserie F</i>	60

Tabeller

Tabell 2.1: Forklaring av viktige fagbegreper i denne studien.	12
Tabell 5.1: Tidsperspektiv og aktiviteter i undervisningsopplegget	29
Tabell 5.2: Gjennomføring av undervisningsopplegget med tider som avvek fra opprinnelig plan og årsaker/merknader for aktivitetene	33
Tabell 6.1: Første rad av intervjuguiden inkludert intervjuets to første spørsmål.	40
Tabell 7.1: Datasegmenter og tilhørende kode-grupper (forskningsspørsmål)	45
Tabell 7.2: Eksempler fra den deduktive kodingsprosessen av kodegruppe 1.	46
Tabell 7.3: Eksempler på datasegmenter med semantiske eller latente koder.	47
Tabell 7.4: Endelige tema med tilhørende koder og temaenes karakteristikker.	50

Forkortelser/symboler

TA

Tematisk analyse

1 Innledning

1.1 Motivasjon for prosjektet

Vaksiner redder millioner av liv hvert år ved å lære immunsystemet hvordan det lager antistoffer som beskytter mot alvorlige sykdommer (WHO, u.å.). Vaksiner er viktige for folkehelsen, og inngår i det tverrfaglig temaet folkehelse og livsmestring i læreplanen (Kunnskapsdepartementet, 2017). I naturfag skal elever få kompetanse til å forstå egen kropp og «kunne forholde seg kritisk til å bruke helserelatert informasjon til å ta gode og ansvarlige valg knyttet til helse» (Kunnskapsdepartementet, 2017). Dette stiller krav til naturfagundervisningen når det gjelder det komplekse immunsystemet.

I lys av dette utførte jeg et forprosjekt til denne masteroppgaven, der jeg undersøkte ungdomsskoleelevers forståelse av hvordan vaksiner fungerer. Jeg fant at elevene kunne mye, men at de savnet informasjon om hva som faktisk skjer i kroppen etter at vaksinedosen har blitt injisert i armen. Dermed ble jeg påmint et undervisningsopplegg jeg laget for et par år siden i en Biologi 1-klasse, da jeg skulle undervise om immunforsvaret i min tredje praksisperiode. Jeg opplevde at læreboken fokuserte på hver immuncelle for seg, og la lite vekt på immunforsvaret som et sammenhengende kroppssystem. For å forsøke å forklare de komplekse sammenhengende, måtte jeg utarbeide en metode som kunne være fordøyelig for elevens kunnskapsnivå. Gjennom studietiden har jeg forsøkt å finne kreative måter å tilrettelegge for slik læring. Jeg utarbeidet derfor et rollespill som skulle hjelpe elever å forstå immunresponsen, helt fra patogener (sykdomsfremkallende mikroorganismer) infiserer kroppen til hukommelsesceller dannes, og immunitet er oppnådd. Tanken var at noen elever skulle spille rollen som sykdomsbakterier, noen som fagocytter og noen som B- og T-celler, altså ulike typer immunceller. Det skulle vise seg å bli en kaotisk affære, der jeg føyk fra rollegruppe til rollegruppe for å få dem til å gå inn på midten av klasserommet («infeksjons-området» i kroppen) og holde ark jeg hadde klippet ut opp mot hverandre (reseptorer og kompatible antigener). Elevene virket ikke å forstå noen ting, og det hele ble for meg en øvelse i å være regissør på en scene der skuespillerne har fått utdelt manus 15 minutter før teppet går opp. Alle så like forvirret ut, inkludert min praksispartner, og læremålene jeg hadde formulert for timen ble langt i fra nådd.

Sett i lys av at jeg fortsatt ønsket å utvikle et elevaktivt undervisningsopplegg som bidrar til forståelse for både funksjonen til de ulike immuncellene, men også hvordan de samarbeider på ulike stadier, falt valget på tegneserier som pedagogisk verktøy. Tegneserier er et medium som kan vise hvordan immunforsvaret jobber fra infeksjonen oppstår, til hukommelsesceller er produsert. De er effektive ved at de er multimodale og kommuniserer fag på en tydelig og tiltalende måte gjennom bilder og tekst. Det er et populært medium, som er lettlest, morsomt og motiverende, og ofte rettet mot ungdom (Hughes-Hassell, 2007). Når elever lager tegneserier selv, må de innhente, selektere, forenkle og illustrere informasjon. De må ta mange valg underveis, og de må hele tiden tenke på hvordan kunnskapen skal presenteres. Dette er lærerike prosesser som kan brukes i mange andre situasjoner, og desto viktigere – det er elevene som er aktive. I tillegg får de kanskje et annet forhold til tegning, og et nytt hjelpemiddel som hjelper

dem å lære å lære, som er et av læreplanens prinsipper for læring, utvikling og danning (Kunnskapsdepartementet, 2017).

Det finnes en del forskning der elever leser eksisterende vitenskapelige tegneserier i naturfag, men ikke så mye om hva som skjer når eleven lager tegneserier selv (de Hosson et al., 2018). Derfor er problemstillingen min:

Hvordan fungerer undervisning hvor elever produserer egne tegneserier for å lære om immunologi i naturfag?

For å undersøke dette har jeg utført en intervensjonsstudie i en 9. klasse der jeg i skrivende stund har et vikariat i naturfag og matematikk. Vi brukte 4 undervisningsøkter, der elevene i grupper fikk i oppgave å lage en tegneserie om en generell immunrespons. De fikk fullstendig valgfrihet angående formidlingsmetode, språk, karakterer og hvilke faglige elementer de ville inkludere og fokusere på. Tegneserien skulle være basert på et fagnotat jeg har laget (vedlegg 2) som beskriver hvordan immunforsvaret responderer til vaksine mot smittsom hjernehinnebetennelse. Avslutningsvis gjennomførte vi en Gallery Walk (heretter: gallerivandring) der gruppene presenterte sine tegneserier for hverandre og meg (lærer og forsker).

For å undersøke hvordan undervisningsopplegget fungerte, intervjuet jeg fire elevgrupper én uke etter gallerivandringen. Hensikten med intervjuet var å få et innblikk i elevenes forståelse av immunforsvaret som følger av undervisningsopplegget, og i deres opplevelse av å jobbe på denne måten i naturfag. I tillegg analyserte jeg hvordan elevene formidlet sin fagforståelse i intervjuet og gjennom tegneseriene, for å forsøke å forstå hva tegneseriene bringer inn, både som læringsverktøy for elevene, og som evalueringsverktøy for læreren. Her har jeg blant annet fokusert på hvilke forklaringsstrategier de bruker når de forklarer immunforsvarets ulike prosesser, og hvordan de formidlet kunnskapen sin i tegneseriene. Problemstillingen er dermed brutt ned i følgende tre forskningsspørsmål:

- 1.Hvilken faglig forståelse av immunologi kommer til uttrykk gjennom elevenes forklaring av egne tegninger?*
- 2.Hvordan formidler elevene sin faglige forståelse muntlig og gjennom tegneseriene?*
- 3.Hva er elevenes opplevelse av å produsere tegneserier for å lære i naturfag?*

1.2 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er delt inn i 10 kapitler. Teoridelen er tredelt, der leseren først får en forklaring av immunforsvaret slik at ikke-biologer skal kunne ha utbytte av resultatene, og for at leseren skal kunne se hvilken fagkunnskap undervisningsopplegget bygger på (kap. 2). Deretter gjennomgås relevant læringsteori (kap. 3), og til slutt relevante didaktiske perspektiver, med vekt på hvordan tegning påvirker engasjement og læring (kap. 4). Undervisningsopplegget presenteres i kapittel 5, og kapittel 6 beskriver hvordan jeg gjennomførte intervensjonsforskningen, hentet inn datamateriale samt sørget for studiens kvalitet. I tillegg beskrives metoden jeg har brukt for dataanalyse, før jeg i kapittel 7 nokså grundig gjennomgår min utførelse av metoden. I kapittel 8 presenteres tegneseriene til de 4 informantgruppene samt utvalgte elevutsagn jeg mener belyser viktige funn. Utsagnene analyseres noe, og i den generelle diskusjonen i kapittel 9 diskuteres resultatene i sammenheng med forskningsspørsmålene og eksisterende teori.

Til slutt forsøker jeg å knytte alt sammen og å bruke mine funn til å svare på problemstillingen i en konklusjon i kapittel 10.

2 Immunforsvaret – i vitenskapen og i undervisning

Følgelig gis først en liten innføring i hvordan vaksiner og immunforsvaret fungerer. Deretter drøftes viktigheten av konsistent begrepsbruk i undervisning om immunforsvaret, før jeg presenterer et rammeverk for å lære om kroppslige systemer, og til slutt noen misoppfatninger angående immunforsvaret.

2.1 Vaksinens historie og immunforsvarets respons

I dette delkapittelet skal vi først se hvordan den første vaksinen ble oppfunnet, før jeg etterpå beskriver hvordan immunforsvaret fungerer. Jeg redegjør for relevant fagstoff som er nyttig å kjenne til for at leseren skal kunne forstå undervisningsopplegget samt resultat- og diskusjonsdelen. Jeg har forsøkt å forenkle fagstoffet slik at lesere utenfor det biologvitenskapelige feltet skal kunne henge med. Flere vesentlige prosesser og elementer nevnes ikke, som for eksempel komplementsystemet og viktige immunceller som nøytrofiler, mast celler og NK-celler.

Et viktig begrep å kjenne til når man skal gjennomgå immunforsvaret er patogener. Patogener er sykdomsfremkallende mikroorganismer, altså bakterier, virus, parasitter og fungus. Det første forsøket på å gjøre mennesker motstandsdyktige mot slike patogener, altså å gjøre oss immune, skjedde på 1400-tallet (Freeman, 2018; Jakobsen, 2012). Kinesere og tyrkere skrapte av skorper fra kopper, og enten inhalerte eller strødde skorpen i sår, en prosess som kalles inokulasjon (ibid.). Koppeviruset (Variola viruset) forårsaket nemlig en svært smittsom sykdom med opptil 90% dødelighet (FHI, 2022). Inokulasjonen gjorde ofte at de fikk et mildere sykdomsforløp og at de ble immune mot viruset, selv om noen døde i forsøket. Grunnlaget for immunisering var lagt.

Senere, på 1800-tallet, dyrket Louis Pasteur en bakteriekultur som forårsaket dødelig hønsekolera (Veterinærinstituttet, u.å.), med mål om å finne en måte å immunisere hønene mot sykdommen. Etter å ha vært på ferie og latt kulturen ligge, ga han noen høner denne gamle bakteriekulturen (Freeman, 2018). Hønene ble syke, men kom seg. Han testet dermed å gi de samme hønene en dose med ny, frisk bakteriekultur, og hønene overlevde igjen! Pasteur hadde vist at bakterien var svekket som følge av lang kultivering, og at den svekkede versjonen skapte immunitet. Han kalte denne svekkede versjonen en "vaccine" fra det latinske ordet "vacca", som betyr ku, for å ære doktor Edward Jenner's tidligere forsøk med kukopper, som han var sterkt inspirert av. Den første vaksinen hadde blitt gitt (Freeman, 2018).

For å vite hvordan immunforsvaret fungerer må man vite hvilke celler som er involvert, hva de gjør og hvordan de samarbeider. Her skal jeg forsøke og gi en korrekt, men kort og oversiktlig beskrivelse av hva som skjer i kroppen når vaksinesprøyten injiseres. Tabell 2.1 viser en oversikt over fagbegreper det er greit å kjenne til når man leser de neste avsnittene. Informasjonen er begrenset til det som er av relevans for å forstå undervisningsopplegget og diskusjonen. Leseren kan også komme tilbake til denne tabellen, kanskje særlig i diskusjonsdelen der elevenes fagforståelse diskuteres.

Tabell 2.1: Forklaring av viktige fagbegreper i denne studien.

Begrep	Forklaring
Patogener	Bakterier, virus, parasitter og fungus som forårsaker sykdom
Lymfocytter	T- og B-celler, viktige immunceller som tilhører det adaptive immunsystemet
T-celler	Består av tre undergrupper: T-hjelpeceller, som aktiverer B-cellene; T-drepeceller, som destruerer patogener; og regulatoriske T-celler som blant annet hindrer kroppen fra å angripe egne, friske celler.
B- celler	Modnes og blir plasmaceller eller hukommelsesceller ved aktivering. Plasmacellene produserer antistoffer.
Antistoff	Molekyler produsert av B-celler med høy spesifisitet til det infiserende patogenet. Nøytraliserer og immobiliserer patogenene. Sirkulerer via blod.
Fagocytter	Viktige immunceller som tar opp og bryter ned patogener med enzymer. For eksempel makrofager og dendrittiske celler. Tilhører det medfødte immunsystemet.
Makrofager	Fagocytt som sirkulerer rundt i de fleste vev. Patruljerer etter patogener, som de tar opp og bryter ned. Skiller ut signalstoffer (cytokiner og kjemokiner) hvis infeksjonen vedvarer.
Dendrittiske celler	Fagocytt som tar opp og bryter ned patogener. Avleder antigener fra patogenene og presenterer dem på overflaten for T-celler. Cellene er derfor bindeledd mellom det medfødte og det adaptive immunforsvaret.
Antigen	Stoffer som setter i gang immunrespons. For eksempel molekyler del av patogener og pollen. Vaksiner inneholder antigen fordi de aktiverer immunforsvaret uten å forårsake infeksjon.
Reseptor	Bindingssted for et signalstoff, for eksempel et antigen. Lymfocytter har antigenreseptorer på overflaten, der kompatible antigen kan binde seg, og sette i gang prosesser inne i T-cellen.
Lymfesystemet	Åresystem som går igjennom kroppen, og som består av blant annet lymfeknuter, brisselen og milten. Transportsystem for immunceller.
Lymfeknuter	Kjertler som er samlet i klynger ved blodkarene. De største samlingene finnes i lysken, armhulene, halsen og i buken. Inneholder store mengder lymfocytter.
Det medfødte immunforsvaret	Førstelinjeforsvar som reagerer på mikroorganismer og molekyler som oppfattes som fremmed. Kan aktiveres innen minutter etter smittestoffer har kommet seg inn, eller holde infeksjonen i sjakk i påvente av aktivering av det adaptive immunforsvaret. Inkluderer blant annet makrofager og dendrittiske celler.
Det adaptive immunforsvaret	Består hovedsakelig av B- og T-celler. Andrelinjeforsvar som er sterkere enn medfødt immunitet, men responderer ikke før etter flere dager, når B- og T-celler har blitt aktivert og formert seg ved celledeling.

Immunforsvaret består av spesialiserte celler og molekyler som kan uskadeliggjøre patogener (Stuge, 2024; Freeman, 2018; Dettmer, 2018). Cellene og molekylerne sirkulerer i blodet og i lymfesystemet, og inndeles i det medfødte og det adaptive forsvaret. Det medfødte immunforsvaret fungerer som førstelinjeforsvaret, og består av blant annet makrofager og dendrittiske celler. Disse patruljerer mellom ulike vev i kroppen i påvente av kontakt med patogener. Det adaptive immunforsvaret fungerer som andrelinjeforsvar, og består hovedsakelig av T- og B-celler. Mens det medfødte immunforsvaret responderer med en gang et patogen infiserer kroppen, altså når det har kommet på innsiden av kroppens fysiske barrierer, aktiveres det adaptive forsvaret først etter noen dager (Dettmer, 2018).

Immunforsvaret responderer ulikt avhengig av patogenet som infiserer kroppen, og hvor i kroppen det forekommer, men mye av responsen er den samme (Freeman, 2018). Immunresponsen som beskrives i det følgende inneholder derfor de overordnede prosessene som foregår i de fleste tilfellene av immunresponser. Jeg har tatt utgangspunkt i vaksine mot smittsom hjernehinnebetennelse som forårsakes av at bakterien *Neisseria meningitidis*, som vanligvis oppholder seg i halsen, infiserer hjernen (NHI, 2023). Jeg valgte denne vaksinen da den er særlig relevant for ungdom. Folkehelseinstituttet anbefaler nemlig ungdom i alderen 16-19 år å vurdere å ta vaksinen, da tett samvær med festing, deling av flasker, høyt alkoholinntak og lite søvn kan øke risikoen for smitte og for at sykdommen får et alvorlig forløp (2023). Symptomer er høy feber, nedsatt allmenntilstand med sløvhet og karakteristisk utslett med blødninger i huden (NHI, 2023). De fleste blir friske igjen, men sykdommen har 10% dødelighet.

Når vaksiner mot smittsom hjernehinnebetennelse settes, sprøytes antigener inn i kroppen, der de gjenkjennes av lokale fagocytter (makrofager) (Freeman, 2018; Dettmer, 2018). Makrofager tar opp og fordøyer antigenene, og har dermed sentrale roller i bekjempelsen av patogener (Hirayama et al., 2017). Lokale dendrittiske celler (fagocytter) utfører fagocytose likt makrofagene, og migrerer via lymfesystemet til en lokal lymfeknute med antigenfragmentene på overflaten sin. I lymfeknutene møter de dendrittiske cellene på tusenvis av lymfocytter, som de presenterer antigenfragmentene for. Lymfocytene har reseptorer på celleoverflaten, som kan være kompatible med antigenene på de dendrittiske cellenes overflate-reseptorer. Når de dendrittiske cellene omsider treffer en T-celle med en kompatibel reseptor, aktiveres T-cellen, og den adaptive fasen settes i gang. Dette skjer 5-6 dager etter at patogenene brøt seg inn i kroppen. Dendrittiske celler er dermed koblingen mellom det medfødte og det adaptive immunforsvaret (Mellman, 2013).

Når T-cellene aktiveres igangsettes prosesser inne i T-cellene som gjør at de modner og deler seg, og differensierer til tre undergrupper; T-hjelpeceller, T-drepeceller og regulatoriske T-celler. T-hjelpecellene sirkulerer rundt til de treffer på B-celler med reseptorer som kan gjenkjenne antigenet på T-cellenes reseptorer. Dersom antigenet gjenkjennes som fremmed gir T-cellen signaler som initierer aktivering av B-cellen. Dermed deler B-cellen seg til mange kopier som differensieres til plasmaceller. Disse plasmacellene produserer og frigjør antistoffer til lymfe- og blodbaner, hvilket er en svært viktig funksjon, fordi antistoffer er en av de viktigste faktorene for å beskytte mot pågående infeksjoner, og grunnlaget for alle godkjente vaksiner (Freund, 2021). Antistoffene er svært spesifikke, og gjenkjenner og binder seg effektivt til patogenene som opprinnelig infektet kroppen, og immobiliserer og markerer dem for destruksjon. Dette er en svært viktig interaksjon, fordi patogenene blir lettere gjenkjent av

makrofagene. Kroppen er nå nære å bekjempe patogenet, og makrofager og T-drepeceller destruerer de markerte antigenbundne patogenene med høy effektivitet.

Etter at inntrengeren er bekjempet dør de fleste lymfocytene, bortsett fra noen T- og B-celler som blir igjen som hukommelsesceller, slik at responsen er mye raskere og kraftigere ved en eventuell fremtidig re-infeksjon (Freeman, 2018; Dettmer, 2018). Kroppen har blitt immun.

Beskrivelsen av fagstoffet som er gitt i dette delkapittelet er grundigere enn fagnotatet klassen får (vedlegg 2). For eksempel bruker jeg i denne beskrivelsen begreper som fagocytter, fagocytose og lymfocytter, som jeg ikke gir elevene. Dette gjorde jeg for å begrense mengden nye begrep og unngå kognitiv overbelastning hos elevene, da veldig mye er nytt for dem allerede. De grundige beskrivelsene som er blitt gitt her gjør også at leser selv kan ta stilling til korrektheten og fremstillingen klassen får i det faglige notatet.

2.2 Viktigheten av konsistent begrepsbruk

Når en skal undervise komplekse temaer er det viktig å være bevisst begrepsbruken for å unngå forvirring. En tidligere studentoppgave har undersøkt begrepsbruken i kapittelet om immunforsvaret i læreboka Tellus 10 for 10. trinn, og funnet at boka skaper forvirring på grunn av implisitt og uoversiktlig begrepsbruk (Marthinussen, 2022). Blant annet bruker forfatterne begrepet mikroorganisme uten å forklare det eksplisitt. I tillegg bruker de begrepene virus, bakterier og mikroorganismer om enn hverandre, som om de betyr det samme. De skriver også at lymfocytter produserer antistoffer, hvilket er regelrett feil; det er kun B-celler som produserer antistoffer, ikke T-celler. Boka impliserer også at det kun er fagocytter som er hvite blodceller i følgende utsagn: «Immunforsvaret registrerer de ukjente organismene, og de hvite blodcellene (fagocytene) begynner å produsere antistoffer mot dem.» (Ekeland et al., 2008, s 183). Denne implikasjonen kan føre til misoppfatningen om at det kun er fagocytter som er hvite blodceller, men egentlig er alle immunceller hvite blodceller.

Å undervise naturfag kan fundamentalt ses på som å undervise i språk fordi vitenskapsspråket er komplekst og ukjent for mange elever (Evagorou & Osborne, 2010). Forvirrende begrepsbruk slik som blant annet Tellus 10 bruker kan skape misoppfatninger hos elevene, og det er derfor viktig at lærere setter seg godt inn i fagstoffet og bruker fagbegreper bevisst og konsekvent. Naturfag lener seg riktignok på temaer og konsepter som ikke uten videre er åpenbart for elever (Lemke, 1990).

I denne studien bruker jeg begrepene antigener, antigenfragmenter og bakteriefragmenter om hverandre, ettersom hva elevene har sagt og ettersom hva som passer best til fokuset i avsnittet. Noen ganger refereres det til antigenene som en del av innholdet i hjernehinnebetennelse-vaksiner og andre ganger til de nedbrutte antigenene på overflaten til makrofager og dendrittiske celler (antigenfragmenter). Det viktige er å vite at antigener er molekyler som assosieres med bakterier, og som injiseres via vaksiner og igangsetter en immunrespons uten å forårsake infeksjon eller alvorlig sykdomsforløp.

2.3 Å lære om immunforsvaret som kroppslig system – et rammeverk

Immunforsvaret er et komplekst kroppslig system med mange komponenter som interagerer med hverandre, og som sammen utgjør en helhet. Systemet kan derfor ikke forstås ved analyse av komponentene hver for seg, men må forstås innen konteksten av en større helhet (Capra, 1997; Ghazal & Hokayem, 2023). Riktignok forstår elever kroppslige systemer ved å betrakte dem som hele systemer, og ikke bare ved å analysere komponentene, men også forholdet mellom dem (National Research Council, 2012).

For å oppnå en slik holistisk forståelse foreslår Ghazal og Hokayem (2023) et rammeverk for å undervise og lære om kroppslige systemer. Det innebærer at elever bør ha ferdigheter innen de tre temaene funksjon, mekanismer og mikro/makro-relasjoner. Disse tre temaene bør elevene ha kjennskap til for å oppnå en holistisk forståelse av kroppslige systemer. Rammeverket er nyttig for å skille alle de ulike kunnskapsnivåene som inngår i immunsystemet, og dermed for å få oversikt over elevenes holistiske forståelse. Jeg har tilpasset ferdighetene slik at de passer til immunsystemet spesifikt og til fagnivået til elever på 9. trinn, og de tre er:

1. **Funksjon:** gjenkjenne funksjonen til essensielle og ikke-essensielle celler i immunforsvaret
2. **Mekanismer/interaksjoner:** avgjøre interaksjoner på molekylært, cellulært, vev og systematisk nivå
3. **Mikro/makro relasjoner:** forklare forhold mellom mikroskopiske mekanismer og makroskopiske observasjoner

Den første ferdigheten (funksjon) innebærer å gjenkjenne funksjonen til ulike immunceller. Det kan for eksempel være B-cellers funksjon, som blant annet er å produsere antistoffer som nøytraliserer og immobiliserer patogener. Ferdighetsnivåene er i utgangspunktet utarbeidet med tanke på videregående elever, og medførte originalt også at man skulle kunne gjenkjenne strukturen til ulike celler og organer. Å gjenkjenne funksjon er en viktigere brikke for å avgjøre interaksjoner (ferdighet 2), og derfor har jeg prioritert funksjon over struktur. Jeg mener at strukturen er et aspekt som går mer i dybden, og som derfor kan inkluderes i elevenes neste møte med immunforsvaret i undervisning, for eksempel på videregående.

Den andre ferdigheten, mekanismer, innebærer å avgjøre interaksjoner på ulike nivåer. Her kreves det at elevene vet litt mer om hvordan de ulike mekanismene foregår, for eksempel hvordan dendrittiske celler spiser og bryter ned antigener, eller hvordan dendrittiske celler aktiverer T-celler. Sistnevnte inkluderer både at de reiser via lymfesystemet og reseptor-aktivering. Denne ferdigheten inkluderte originalt også interaksjoner på organnivå, hvilket ikke er særlig relevant for undervisningsopplegget i denne studien, og er derfor sløytet.

Den tredje ferdigheten, mikro/makro-relasjoner, innebærer forhold mellom elementer på mikronivå og observasjoner som kan gjøres på makronivå. I denne studien er forholdet mellom vaksine og immunforsvaret den eneste relasjonen som er relevant; altså det faktum at vaksiner sprøyter inn antigener som setter i gang en immunrespons, og som fører til produksjon av T- og B-hukommelsesceller og immunitet.

2.4 Misoppfatninger angående immunforsvaret

Flere studier har undersøkt vanlige misoppfatninger blant elever og studenter når det gjelder immunforsvaret og vaksiner (se for eksempel Ghazal & Hokayem, 2023; Dombrowsky & Frye, 2017). Disse misoppfatningene angår de tre ferdighetsnivåene funksjon, mekanismer/interaksjoner og mikro/makro-relasjoner.

Angående mikro/makro-relasjoner, har en studie funnet at elever ikke har kjennskap til at vaksiner inneholder svekkede virus, eller deler av virus (Jones & Rua, 2008). Ghazal & Hokayem (2023) fant at elever ikke forsto at patogener fører til sykdom, og de skilte heller ikke mellom årsaken (patogenet) og effekten (sykdommen), når de skulle forklare immunforsvaret. I tillegg trodde de at vaksiner inneholdt antistoff (*de inneholder antigener*), og kun én nevnte at vaksinen aktiverer en immunrespons.

Innen mekanistiske misoppfatninger fant Ghazal og Hokayem (2023) at antistoff dreper patogener (*antistoff kan ikke drepe, men nøytralisere og immobilisere patogener*), at de ikke nøytraliserer patogener (*hvilket er en hovedfunksjon*), i tillegg til at flere ikke identifiserte at T-celler aktiverer B-celler slik at de skiller ut antistoffer (*hvilket er en viktig mekanisme*). Attpåtil har en undersøkelse vist at få sykepleier-studenter hva antistoffer sin funksjon er (Dombrowsky & Frye, 2017).

Blant misoppfatninger om funksjon, finnes at B-celler skiller ut antistoff (*det er B plasma celler som skiller ut antistoff*), at antistoff har minne (Ghazal & Hokayem, 2023) (*det er T- og B-celler som "har minne"/blir hukommelsesceller*), og at antistoffer er celler (*de er molekyler*) (Simonneaux, 2000). Flere sykepleiestudenter visste heller ikke distinksjonen mellom virus og bakterier (Dombrowsky & Frye, 2017). Det faktum at til og med sykepleiestudenter mangler grunnleggende kunnskap om patogener og immunforsvaret viser hvor kompleks informasjonen er. Temaets kompleksitet kan være en forklarende faktor til at misoppfatninger oppstår blant elever.

3 Læringsteori

3.1 Konstruktivisme, konseptuell læring og analogier

Undervisningsopplegget i denne studien er bygget på et konstruktivistisk læringsyn som innebærer at undervisning må bygge på elevenes erfaringer og kunnskaper (Sjøberg, 2022; Duit, 1991). Mennesker har et sett med forventninger og erfaringer som vi fortolker verden gjennom, vi er ikke bare passive mottakere av virkeligheten (ibid.). Læring er derfor mulig når den bygges på erfaringer og tidligere lært kunnskap (Duit, 1991). I samsvar med dette står Jean Piaget sine tanker om læring som en adaptasjonsprosess der de kognitive strukturene, kunnskapen, gradvis forandres (Sjøberg, 2022). Adaptasjonen skjer i to prosesser: assimilasjon og akkomodasjon. Dersom ny kunnskap passer inn i eksisterende kunnskap, blir den eksisterende kunnskapen bekreftet i assimilering. Dersom ny kunnskap ikke passer inn uten videre oppstår behov for å endre gamle strukturer og mentale representasjoner for å oppnå balanse, akkomodasjon skjer. Han peker på at denne siste prosessen krever selvregulering, som bidrar til å gjenopprette likevekt og til at de to prosessene er i balanse (ibid.).

Sjøberg (2022) peker på at å starte der eleven befinner seg skaper utfordringer i klasserommet da barn har svært ulike erfaringer å bygge på. Han mener at faren er at naturfagundervisningen bare bygger på én gruppes erfaringer, for eksempel kan undervisningen passe godt for jenter, men ikke for gutter. Han peker også på at elever har ulikt kunnskapsgrunnlag og at noen av elevenes forestillinger er feilaktige, slik at de først må brytes ned før de kan bygges opp igjen. Elever er altså ikke tomme kar som skal fylles opp med kunnskap, slik tidligere behaviorister har blitt kritisert for å mene. De er aktivt tenkende individer med ulike erfaringer og forestillinger, og det er derfor viktig at lærere har et visst kjennskap til typiske ideer barna kan ha dannet seg (Sjøberg, 2022).

Når elever innser at dere eksisterende konsepter og kunnskap ikke er tilstrekkelig, og at deres mentale skjemaer inkluderer misoppfatninger, kan læring skje gjennom akkomodasjon, og eleven kan oppnå konseptuell forandring (Dombrowsky & Frye, 2017; Posner et al., 1982). Mason og Zaccoletti (2021) hevder at misoppfatninger ikke erstattes av vitenskapelige forestillinger og utslettes så raskt konseptuell forandring har foregått, slik Piaget med sine adaptasjonsprosesser virker å fremstille det. Isteden eksisterer misoppfatningene ved siden av de ervervede vitenskapelige forestillingene, og må undertrykkes for at de vitenskapelige forestillingene skal kunne brukes (Mason & Zaccoletti, 2021). Elever må revidere eksisterende alternative forestillinger de har. I tillegg må de nye oppfatningene være begripelige, samsvare med andre eksisterende oppfatninger og bør kunne brukes i nye sammenhenger (Posner et al., 1982). I tillegg peker forskning på at elever må få mulighet til å resonnerer vitenskapelig for at konseptuell forandring, eller akkomodasjon, skal skje (Scott et al., 2018; Wu & Rau, 2019). Når disse kriteriene oppfylles kan konseptuell forandring skje (Mason & Zaccoletti, 2021; Posner et al., 1982; Scott et al., 2018; Wu & Rau, 2019).

Analogier er nyttige verktøy for å oppnå konseptuell forandring, eller akkomodasjon, da de kan hjelpe å restrukturere eksisterende kunnskap og forberede eleven for ny

informasjon (Gentner, 1983; Shapiro, 1985). Først må vi definere hva analogier er, da det lett kan forveksles med for eksempel metaforer. Analogier er sammenligninger mellom lignende trekk fra to konsepter (Glynn, 1989). Ifølge Duit (1991) uttrykker både analogier og metaforer likheter, men analogier er mer eksplisitte og indikerer identiteten til deler av strukturer. Aubusson et al. (2006) forklarer at i metaforer, så er A B, men i analogier så er A som B. De bruker som eksempel at «elever er som svamper», hvilket er en analogi fordi den foreslår at de to tingene har noen like karaktertrekk ved at både elever og svamper trekker til seg noe (kunnskap og vann), men ikke at de er helt like. Forfatterne forklarer videre at de to begrepene kan være vanskelig å skille når man begynner å analysere og bryte ned utsagn, så videre vil jeg bruke begrepet analogi som beskrevet i dette avsnittet.

Analogier kan bidra til konseptuell forandring, akkomodasjon, hos eleven, fordi de bygger bro mellom eksisterende kunnskaper og erfaringer, og nye kontekster og problemer (Harrison & Treagust, 2006; Duit, 1991; Gentner, 1983; Shapiro, 1985; Aubusson et al., 2006). I et konstruktivistisk læringssyn handler læring om å danne sammenligninger mellom det nye og det kjente, og Duit (1991) peker på at analogier er gode hjelpemidler til å oppnå dette. De kan også fasilitere forståelse av det abstrakte ved å peke til likheter i virkeligheten (ibid.). Duit peker videre på at de tvinger læreren til å ta elevens tidligere kunnskap i betraktning for at analogiene skal gi noen mening for elevene. Analogier kan altså være verdifulle verktøy når man skal undervise vanskelige vitenskapelige konsepter (Bauer & Richter, 1986), da de kan gjøre ny informasjon mer konkret og lettere å forestille seg (Shapiro, 1985).

På den andre siden, kan analogier være grunnlag for forvirring dersom de benyttes spontant, ubevisst og ukritisk (Aubusson et al., 2006). De kan med andre ord gi opphav til «like mange monstre som friske barn» (Bunge, 1973, s. 127, egen oversettelse). En fare er at elevene tar analogiene for direkte sammenligninger, og dermed tror at analogien er det faktiske fenomenet under diskusjon (Duit, 1991). Spontane analogier kan også skape forvirring dersom de kommer fra lærere, da gode analogier som bidrar til forståelse sjelden utvikles spontant (ibid.). Spontan bruk av analogier er vanlig i hverdagen og i problemløsning, men fruktbare analogier, ofte gitt av lærere og andre autoriteter, krever mye veiledning (Duit, 1991). Analogier kan således være enkle å generere for lærere, men vanskelige for elevene å ta i bruk (Aubusson et al., 2006). Forskning viser at det er svært sjelden at elever lager fruktbare analogier, men at når det skjer så oppstår meningsfull læring (Aubusson et al., 2006).

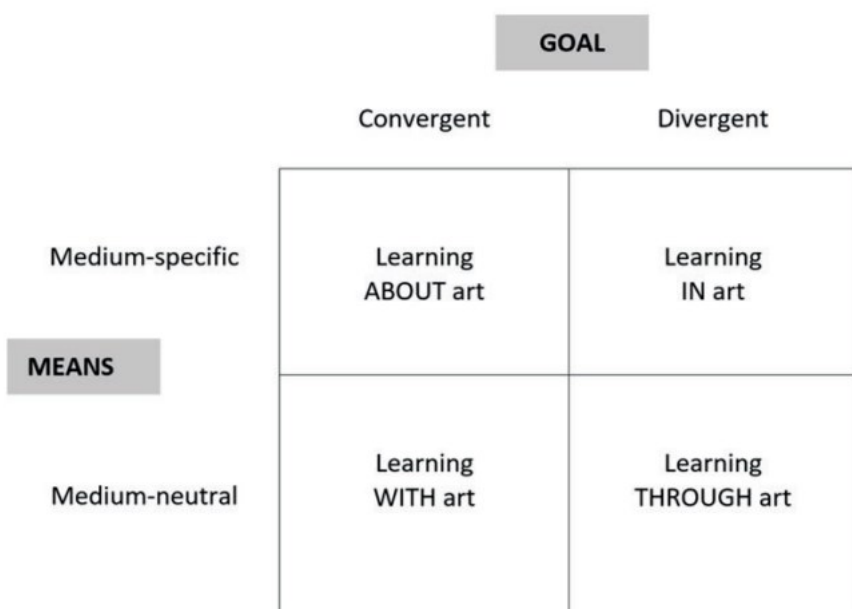
Både Duit (1991) og Aubusson et al. (2006) peker på at å bruke flere analogier, og ikke bare én, for å forklare et vitenskapelig fenomen kan være nyttig da det gir elevene et epistemologisk valg; de kan bruke analogiene som gir mest mening for dem og som hjelper dem å forstå konseptet som er under diskusjon. Dette kan dog føre til at elever som tenderer til å tro at det bare er ett riktig svar bli forvirret og ikke forstår hva læreren prøver å si. Derfor er det viktig at læreren oppsummerer analogiene og forhører seg om elevenes forståelser angående analogiene, og ikke bare antar at elevene forstår.

3.2 Estetiske læringsprosesser

Tegneaktiviteter regnes som estetisk arbeid, som ifølge Austring og Sørensen (2006) karakteriseres av kreativitet, utforskning, arbeid med ulike medier og estetiske erfaringer. Sæbø (1998) og Karlsen og Haggstrøm (2020) hever at estetiske arbeidsmetoder er en måte å lære på som fremmer motivasjon i dybdelæring, og at det

derfor er viktig i alle fag. Til tross for dette har antall timer avsatt til estetiske fag i skolen konstant siden 1974, særlig på ungdomstrinnet (Espeland et al., 2011). For å snu denne trenden publiserte kunnskapsdepartementet i 2019 en strategi for å heve kompetansen og statusen til de praktiske arbeidsformene. Strategien «understreker betydningen av estetiske læringsprosesser og praktiske arbeidsformer i alle fag» (Kunnskapsdepartementet, 2019a, s. 5). De hevder at «Gjennom skapende og engasjerende virksomhet, lek og utforskning [...], kunst og kultur utvider [vi] vår forståelse av oss selv og det samfunnet vi lever i» (s. 5). Dette står i samsvar med John Deweys tanker om å jobbe estetisk, der en kan glemme tid og sted i en flyt-sone, og skape indre motivasjon til å fortsette å utforske og utvikle nye idéer (1980, lest i Karlsen & Häggström, 2020). I tillegg oppleves estetiske aktiviteter som meningsfulle og positive for elevene (Karlsen & Häggström, 2020). Det er altså mange gode grunner til å implementere estetiske og praktiske arbeidsformer i naturfag, og ikke bare la det være opp til kunst og håndverk-lærerne. Det er også et bidrag til tverrfagligheten, som skolen skal legge til rette for (Kunnskapsdepartementet, 2017).

I tverrfaglige prosjekter vil det kreative arbeidet ofte ha læringsmål som er uavhengige av mediet som brukes (Lindström, 2012). Lindström (2012) differensierer læringsprosessen basert på om arbeidet er media-spesifikt eller media-nøytralt (figur 3.1). I media-spesifikt arbeid er uttrykket avhengig av mediet, og læringsmålet er enten *om* eller *i* kunst. I media-nøytralt arbeid er hensikten å illustrere andre fenomen, der mediet blir et middel for å nå målet, som er enten læring *med* eller *gjennom* kunst. Hun skiller også konvergent og divergent tenkning, der målene gis på forhånd eller er åpne, henholdsvis.



Figur 3.1: Læringsmål for estetiske arbeidsmetoder (Lindström, 2012)

Karlsen og Häggström (2022) peker på at elever trenger muligheter for å uttrykke seg selv gjennom ulike medium på en medie-nøytral måte, der mediet er et middel for å vise eller oppnå annen læring enn mediet selv, for å stimulere til kreativitet og utforskning. I sin forskning der de gjennomførte et undervisningsopplegg i naturfag, fant de at estetiske aktiviteter oppleves som meningsfulle og positive for elevene, og at de var fullstendig oppslukt i øyeblikket og aktiviteten. De rapporterte også at læringsmålene for opplegget ble nådd, og at de estetiske aktivitetene bidro til dybdelæring.

Kreativitet er et sentralt og definerende aspekt av vitenskapsfeltet (McComas, 2008). Oliveira et al. (2021) peker på at kreativiteten også spiller en viktig rolle i utvikling av vitenskapelig epistemologi. Vitenskapelige metoder som å generere hypoteser, designe prosedyrer, tolke data og trekke konklusjoner krever at forskeren klarer å se sammenhenger og har en viss fantasi. Dermed må læreren legge opp til andre arbeidsmetoder enn tradisjonell, reproduktiv læring, da det ofte begrenser elevers muligheter til å erfare kreative tenkemåter (Oliveira et al., 2021).

Ifølge Bloom's taksonomi er å skape noe betraktet som det høyeste kognitive nivået elever kan prestere, og overgår dermed å huske, forstå, bruke og analysere (Anderson & Krathwohl, 2001). Skaperen opererer «utenfor boksen», og må komme på idéer og løsningsmetoder samt være selvstendig i sitt arbeid. Disse egenskapene vektlegges også i overordnet del av læreplanen (Kunnskapsdepartementet, 2017), og elevene må derfor få muligheten til å øve på kreativitet i naturfagundervisningen, hvilket nok ikke har vært typisk i tradisjonell undervisning.

Noen praksiser kan også hemme elevers kreativitet. For eksempel peker Galinsky et al. (2008) på at dersom lærere viser eksempler for å illustrere abstrakte vitenskapelige konsepter, vil elever ofte repetere disse illustrasjonene når de bes om å generere sine egne eksempler. Dette kan være fordi at lærerens autoritative status overdøver elevenes kreativitet, og forhindrer dem i å tenke nytt. I tråd med dette fant Antink-Meyer og Lederman (2015) at videregående elevers kreative tenkning avtok etter et 16-ukers akademisk semester. De kom med færre idéer, mindre varierte idéer og hadde færre nytenkende, originale idéer. Senere, på universitetet, blir de kreative mulighetene, og derfor også kreativiteten selv, enda mer begrenset (Oliveira et al., 2021). Helt til slutt skal studentene plutselig være kreative igjen i sitt avsluttende forskningsprosjekt, eller masteroppgave, og begynne å tenke selv etter å «ha lært å svare på spørsmål og løse problemer de har fått fra andre» (Csikszentmihalyi, 2006, s. xviii).

3.3 Seks læringsprosesser tegning fremmer

Wu & Rau (2019) har gjennomført en litteratur-studie der de har sammenfattet seks læringsprosesser tegning fremmer. De gjengis i punktene under.

(1) *Generativ læring*. Generativ læring er prosessen av å skape meningsfulle forbindelser mellom ny og eksisterende kunnskap (Hanke, 2012). Tegning fremmer læring fordi tegning er en form for aktiv læring. Eleven er aktiv når hen tegner. Forskning viser at tegneaktiviteten er mer effektiv hvis den er konstruktiv, altså hvis elevene bruker tegning til å bygge kunnskap ved å integrere eksisterende kunnskap med ny, kontra å kopiere et bilde eller en annen tegning. Dersom eleven oppfordres til å sammenligne sine mentale modeller med ny kunnskap, kan det derfor hjelpe dem å løse motstridende mentale modeller (Valanides et al., 2013). På den andre siden, dersom tegneaktiviteten

krever for mye mental innsats i forhold til rammer og støttestrukturer læreren gir, kan elevene imidlertid bli kognitivt overbelastet.

(2) *Selvregulering*. I pedagogikk handler selvregulering om å forstå hva man skal lære, sette seg oppnåelige mål og å ta i bruk læringsstrategier (Knutsen & Reitan, 2020). Det er en viktig egenskap for å lære å lære. Tegning fremmer selvregulering ved at det hjelper elevene å vurdere eget arbeid og reflektere over hvor godt de har forstått innholdet. Fokuset rettes mot konsepter og relasjoner. Elevene må planlegge innholdet de skal tegne, gjøre endringer underveis og evaluere tegningene sine.

(3) *Integrering av mentale modeller*. En mental modell er en indre representasjon av et konsept som korresponderer til eksterne strukturer som den mentale modellen representerer (Gentner & Stevens, 1983). Tegning hjelper elevene å fordype seg i kunnskapsinnhold og utvikle mer sofistikerte mentale modeller som sammenfaller med eksisterende kunnskap (Leopold & Leutner, 2012). Tegnerens mentale modeller aktiveres når tegneren velger ut relevante egenskaper og organiserer dem til en ekstern struktur (tegningen) (Scheiter et al., 2017). Tegningen hjelper elevene å forstå og integrere ny kunnskap til sine eksisterende mentale modeller (Valanides et al., 2013). Elevene bruker «berikende prosesser» når ny kunnskap sammenfaller med gammel, slik at den bygger på (beriker) eksisterende kunnskap, og ufullstendige mentale modeller blir mer fullstendige.

(4) *Spatial kognisjon*. Spatial kognisjon er evnen til å kunne skape et mentalt bilde av romlige forhold. Tegning kan hjelpe elever å forstå vitenskapelige konsepter via «bottom-up»- og «top-down»-spatiale prosesser. «Bottom-up» prosesser skjer når elevene tegner egenskaper og bruker avstand, retning og størrelse for å trekke slutninger om forhold. «Top-down» prosesser skjer når man bruker eksisterende kunnskap til å generere visuelle egenskaper, og til å kartlegge forhold fra andre konsepter. Tegning krever at elevene viser eksplisitt hva de mener når de skal forklare strukturelle forhold. I tillegg kan tegning forsterke mentale modeller ved å hjelpe tegneren å fylle inn detaljer som ellers er uklare.

(5) *Mediert diskurs*. Tegning er en aktivitet som legger til rette for at elevene lærer seg å engasjere seg i den faglige diskursen. Elevene lærer seg å bruke tegninger som samsvarer med det visuelle språket som brukes i fagdisiplinen.

(6) *Disiplinære praksiser*. Tegneaktiviteter kan engasjere elever med STEM-fagenes epistemiske måter å tenke på. Ekspertene benytter tegning til å forenkle og abstrahere innhold, hvilket elevene øver seg på når de tegner. Etter hvert som elevene får øving i å tegne, blir tegningene mindre konkrete (uten unødvendig mange detaljer), og mer abstrakte der det viktigste er inkludert, fordi de har lært hva som skal inkluderes, og når (Berland & Crucet, 2015).

Gjennom de tre første prosessene (generativ læring, selvregulering og integrering av mentale modeller) organiseres og integreres kunnskap til eksisterende modeller ved hjelp av tegning. Nytt kunnskapsinnhold oversettes til tegning, og tegneren blir nødt til å reflektere over eksisterende kunnskap i sammenheng med den nye kunnskapen. I tillegg til punkt 4 (spatial kognisjon), utgjør disse prosessene de kognitive lærings-aspektene Wu og Rau (2019) mener tegning legger til rette for.

4 Didaktiske perspektiver

4.1 Tegning, motivasjon og læring

Forskning viser at tegning er bra for elevers læring i STEM-fag (se for eksempel Leopold & Leutner, 2012; Nagata, 1999; Wu & Rau, 2019; Edlund & Balgopal, 2021). Wu og Rau (2019) peker for eksempel på at elever forsterker sine mentale representasjoner når de tegner, da tegneren blir nødt til å reflektere over eksisterende kunnskap i sammenheng med ny kunnskap. Dette er forenelig med konstruktivistisk læringsteori, som drøftet i kapittel 3, der mennesker konstruerer kunnskap basert på sine eksisterende forestillinger og erfaringer (Sjøberg, 2022). Leopold og Leutner (2012) hevder at denne forsterkningen av elevenes mentale representasjoner skjer mer effektivt ved tegning enn ved å skrive notater fordi tegneren fokuserer mer på innhold og relasjoner. Elevene blir nødt til å konkretisere abstrakte forestillinger (Edlund & Balgopal, 2021), og er dermed aktive i sin egen læring.

Nagata (1999) fant i en undersøkelse i Japan, at studenter husket fagbegreper i biokjemi bedre ved hjelp av manga – japanske tegninger, ofte med morsomt, satirisk og hverdagslig preg. Studentene ble spurt om fagbegrepene 2 år etter undervisningen, og de mente selv at manga-tegningene var grunnen til at de husket begrepene, da de hadde festet seg i minnet i kontekst med begrepene. Tegning kan således ha positive implikasjoner for å forsterke elevenes mentale representasjoner og for langtidshukommelse i naturfag.

I tillegg til disse positive effektene tegning kan ha for læring, kan tegning også fremme elevers motivasjon (Quillin & Thomas, 2015; Adams, 2017). Tegneren får muligheten til å slippe kreativiteten løs og formidle idéer på sin egen måte (Adams, 2017). De utforsker og redegjør for sin egen forståelse, hvilket øker motivasjonen for å lære i naturfag mer enn ved konvensjonell undervisning (Hacklin & Prain, 2005). Tegning er med andre ord en form for elevaktiv undervisning, som imøtekommer elevers individuelle forskjeller, da tegningen formes av elevenes nåværende eller fremvoksende idéer og kunnskaper (Ainsworth et al., 2011).

4.2 Tegneaktiviteter har ulike formål

Adams (2017) identifiserer et rammeverk med fire hensikter tegning har for læring:

1. Persepsjon (den mentale prosessen med å organisere og tolke sanseinntrykk),
2. kommunikasjon (å gjøre idéer, tanker og følelser tilgjengelig for andre gjennom tegning),
3. invensjon (tegning som verktøy for å utvikle en tanke eller idé) og
4. aksjon (tegning som middel for å sette en idé i live).

Naturfag har som kjent en lang tradisjon med tegning for persepsjon – å organisere sanseinntrykk, for eksempel når elever og studenter tegner lab-oppsettet for å bli kjent med utstyret, og huske hvordan forsøket ble utført. Denne tradisjonen er ikke like framtrødende i dag, hvilket kan ha noe med teknologiens innmarsj i skoleundervisningen. Hvorfor tegne når en bare kan ta et bilde og laste det opp?

Dette prosjektets tegninger faller innenfor flere av Adams kategorier: kommunikasjon, da elevenes oppgave er å konstruere en tegneserie som formidler hvordan immunforsvaret fungerer til leseren. Og persepsjon, da hensikten er at elevene selv skal lære hvordan immunforsvaret fungerer, så de første skissene vil nok være tegninger for å organisere sanseintrykk og idéer.

Quillin og Thomas (2015), på den andre siden, peker på to formål tegning har for læring: (1) som sluttprodukt for å kommunisere læring til instruktører eller (2) som middel for å konstruere mentale modeller og kunnskap. Dersom tegningen er et sluttprodukt utvikles de etter at tegneren har utviklet mentale modeller, men dersom den er et middel foregår en iterativ prosess der tegningen bidrar til konstruksjon av mentale modeller og motsatt (Van Meter & Garner, 2005).

I tillegg til å skille mellom tegningenes formål, deler Quillin og Thomas (2015) tegninger inn i to kategorier: representative og abstrakte. Representative tegninger er virkelighetsnære tegninger som utvikler ferdigheter som observasjon, memorering og romforståelse. Abstrakte tegninger kalles også analogiske, og støtter konseptuell forståelse, prosessering av data og metakognisjon (bevisstgjøring ovenfor egen læring). De understreker at i teorien er alle tegninger abstrakte, fordi de ikke kan representere den virkelige verden slik den faktisk er, og tegningene varierer derfor på en kontinuerlig skala fra abstrakte til mer virkelighetsnære. I denne studien faller arbeidene under kategorien abstrakte tegninger, da hensikten er at elevene skal få lov til å sette sitt eget preg på karakterene, og personifisere dem slik de ønsker.

4.3 Tegninger er vindu til elevens tenking

Enkeltstående tegninger gir et vindu til elevenes tenking, og kan derfor, sammen med verbale forklaringer, være nyttige verktøy for å evaluere elevens forståelse i naturfag (Wilson & Bradbury, 2021; Edlund & Balgopal, 2021). Tegningene viser hva eleven synes er viktig, enten det er å utfolde seg kreativt eller hvilke faglige elementer de mener er viktige (Ainsworth et al., 2011). I tillegg kan tegning være et verktøy som hjelper elever å vise forståelse de kanskje ikke er i stand til å artikulere gjennom skreven tekst (Wilson & Rigakos, 2016). Akkompagnert med skriftlige og/eller verbale forklaringer kan læreren få en bedre oversikt over elevenes helhetlige forståelse, samtidig som eleven får øving i å bruke flere ulike modaliteter (Edlund & Balgopal, 2021). Det samsvarer med Dikmenli (2010) sin studie, som viser at visualisering av elevens mentale modeller avslører for både lærer og elev hva som er klart og uklart når elever lager mening av nye konsepter.

Når det gjelder tegneserier må elever velge ut viktig informasjon, omformulere den og oppsummere læringen sin på en måte som både informerer og underholder (Morrison et al., 2002). De må vurdere hva som er relevant og hva som ikke er relevant. Dette hevder Ainsworth et al. (2011) at elever blir bedre på etter hvert som de får øving og erfaring i å tegne i naturfag. De fant at elever som hadde lite erfaring med tegning, tegnet alt de så og at tegningene ble meget detaljerte. Etter hvert inkluderte elevenes tegninger færre unødvendige detaljer, og kun det viktigste var med.

Dersom elevene har lite erfaring med eller usikkerhet knyttet til egne tegneevner, kan tegningen føre til kognitiv overbelastning (Sweller, 1988; de Jong, 2010). Derfor er elevenes emosjonelle tilstand kritisk for læringssuksess (Bransford et al., 2000). Dersom de har den holdningen at det er vanskelig å tegne kan det hende de ikke orker å gjøre det, selv om elever ofte løser problemer mer korrekt når de tegner (Uesaka et al., 2007; Uesaka & Manalo, 2011). For å øke elevenes motivasjon til tegning peker derfor Quillin &

Thomas (2015) på flere ting læreren kan gjøre: tydeliggjøre intensjonene med aktiviteten, bruke positivt og oppmuntrende språk, vise til kjente vitenskapstegninger, berolige elever som er bekymret for sine tegneevner og gi tilstrekkelig med støttestrukturer og rammeverk (Wilson & Bradburry, 2021).

4.4 Vitenskapelige tegneserier som læringsverktøy i naturfag

«Tegneserier står ikke tilbake for tradisjonelle tekstbøker, samtidig som de har den potensielle fordelene av å forbedre holdninger til biologi.»

(Oversatt til norsk fra Hosler & Boomer, 2011, s. 316).

Tegneserier er sekvenser av paneler ved siden av hverandre i en bevisst rekkefølge, som sammen forteller en historie (McCloud et al., 2016). Hvert panel er en individuell tegning som illustrerer et øyeblikk, og intensjonen er å formidle informasjon og/eller skape en estetisk respons hos leseren (ibid.). Tegneserier har som mål å underholde og/eller informere et bredt publikum, og gjerne ungdom (Hughes-Hassell, 2007). De er multimodale tekster som bruker metaforer, alliterasjon, dagligtale, dialog, symbolisme og personifisering (Matuk et al., 2021). Enkeltstående tegninger har overføringsverdi til tegneserie-formatet, men tegneserier kan i tillegg fortelle en historie som foregår over flere panel. Som Hosler og Boomer (2011) skriver i sitatet over, står ikke tegneserier tilbake for tradisjonelle tekster, da begge mediene kan formidle vitenskapelige konsepter og prosesser som krever mer innhold enn kun én tegning kan fremstille.

Vitenskapelige tegneserier har som mål å kommunisere vitenskap eller å informere leseren om et ikke-fiksjonelt, vitenskapelig konsept, selv om det innebærer å bruke fiksjonelle teknikker og narrativ for å formidle den ikke-fiksjonelle informasjonen (Tatalovic, 2009). Rota og Izquierdo (2003) peker på at bruken av fiksjon i vitenskapelige tegneserier kan heve leserens opplevelse samtidig som de effektivt formidler vitenskapelig innhold til barn. Videre, kan bruk av mediet hjelpe elever å lære naturfag ved at vitenskapelige narrativ presenteres på en interessant måte, ofte involvert humor (Tatalovic, 2009; Rota & Izquierdo, 2003; Weitkamp & Burnet, 2007). De kan fungere som en bro mellom elevenes hverdag og vitenskapens formelle språk og kompliserte konsepter, som ofte er ukjent og uvant for elever (Matuk et al., 2021).

Tegneserier er både lettleste, motiverende og visuelle (Scavone et al., 2019), og kan dermed være et godt virkemiddel som tiltrekker seg elevers oppmerksomhet på en helt annen måte enn lærebøkene gjør. En kvantitativ studie sammenlignet elever som lærte om virus ved å lese essays og elever som lærte om virus ved å lese tegneserier (Spiegel et al., 2013). Det var fem ganger mer sannsynlig at elevene som lærte ved hjelp av tegneserier ville lese mer om virus enn de som lærte gjennom essays. Med andre ord kan man si at det oppsto et kunnskapsbehov hos elevene, og de ville lære mer. De fant også at det var større forskjell på begge gruppene blant elever som identifiserte seg lite med naturfag, enn de med høy naturfags-identitet. Altså viste elever som vanligvis ikke interesserer seg stort for faget stort engasjement når de leste tegneserier kontra de samme elev-typene som lese essays. Studien konkluderte derfor med at tegneserier tiltrekker seg et bredere publikum, deriblant også elever som vanligvis ikke søker vitenskapelig informasjon. Matuk et al. (2021) fant det samme i sin forskning, der de konkluderte med at vitenskapelige tegneserier gjør naturfag tilgjengelig for flere elev-typer.

Skolen må holde tritt med utviklingen og benytte metoder som virker tiltalende for ungdom (Tatalovic, 2009). Det har siden århundre-skiftet blitt mer og mer vanlig å bringe tegneserier inn i naturfagundervisning på basis av appellen de har til ungdom (ibid.). De kan brukes på ulike måter; på starten av timen for å vekke klassens interesse og knytte personlige bånd mellom lærer og elev (Cheesman, 2006), som lekse for å introdusere et tema, i timen for å oppsummere et tema, som utgangspunkt for diskusjon i klasserommet, eller at elever produserer sine egne tegneserier (Matuk et al., 2021; de Hosson et al., 2018; Robin et al., 2021; Morrison et al., 2002; Pitura & Chmielarz, 2017).

4.5 Lignende forskningsprosjekter med tegneserie-workshops

Ifølge de Hosson et al. (2018) har de fleste artiklene som adresserer tegneserier fokus på bruk av allerede eksisterende tegneserier i undervisningen. Fra det perspektivet er elevene kun lesere som skal prøve å forstå teksten, ikke ulikt når man leser en bok som er godt illustrert. De hevder også at det generelt er få analyser som rapporterer hvordan og hvorfor de spesifikke vitenskapelige konseptene ble valgt og oversatt til tegneserier, og hva elevene faktisk lærte fra aktiviteten. Selv gjennomførte de en studie der frivillige elever mellom 12 og 16 år konstruerte en tegneserie-stripe basert på forskningsforedrag holdt av en doktorgradsstudent. Elevene fikk hjelp av en tegneseriekunstner og en vitenskapsformidler, og de presenterte tegneseriene sine på et avsluttende seminar. Forskerne undersøkte hvilke sjangre elevene valgte å bruke, og fant at 42% av arbeidene var intendert humoristiske, 25% var dokumentariske, 17% fortalte et eventyr, 8% var didaktiske og 8% var spennings-serier. 50% av tegneseriene involverte snakking, og ofte personifiserte og «farlige» mikro-organismer. De fremhever denne personifiseringen, eller antropomorfismen, som et tegn på at elevene har assimilert informasjonen de fikk av doktorgradsstudenten. Studien konkluderte med at elevene hadde forstått det vitenskapelige innholdet korrekt, selv om de brukte humor og forenkling, som de peker på kan gjøre det litt vanskeligere å vurdere elevens læring. I tillegg hevder de at konstruering av tegneserier kan fremme kritisk tenkning (de Hosson et al., 2018).

Flere studier har undersøkt hvordan det å produsere sine egne tegneserier påvirker elevenes engasjement og læring. I en polsk studie fikk elever på videregående skole i oppgave å lage en digital tegneserie-stripe om vaksiner (Pitura & Chmielarz, 2017). Elevene rapporterte at de syntes det var morsomt å jobbe kreativt, og at de lærte å bruke nye teknologiske verktøy. Forskerne understreket imidlertid viktigheten av at lærerne støtter elevene i arbeidet sitt for at de skulle få best mulig utbytte, og at læreren må være klar for å svare på mange ulike spørsmål innenfor både teknologi, tegneserie-sjangeren og biologi. En annen studie som undersøkte engasjement og læring ga elever i oppgave å designe sine egne tegneserier for å utvikle naturfaglig «literacy» (Morrison et al., 2002), hvilket på norsk kan oversettes til lese- og skrivekyndighet samt faglig forståelse (Skagen, 1996). Elevene i studien var entusiastiske over arbeidsmetoden, og mente selv de lærte mye bedre enn ved tradisjonelle undervisningsmetoder. En tredje studie ga 42 studenter i oppgave å lage en digital vitenskapelig tegneserie fra selvvalgt kunnskap (Robin et al., 2021). 51% av studentene hadde lav selvtillit til egne evner til å formidle vitenskap igjennom tegneserier, men likevel mente lærerne at det ble generert arbeid av høy kvalitet i løpet av en undervisningstime. Også her ble det rapportert økt engasjement blant elevene. Studien argumenterer også for at å holde workshops der elevene konstruerer vitenskapelige tegneserier kan tilpasses alle nivåer, gitt at læreren har tilstrekkelig kunnskap om tegneserier og vitenskap til å svare på svært mange ulike

spørsmål, og støtte eleven i arbeidet, i tråd med Pitura og Chmielarz (2017) sine oppfordringer.

5 Utvikling av undervisningsopplegg

I dette kapitlet beskriver jeg først undervisningsopplegget slik det er tenkt, før jeg forklarer hensikten og målene for opplegget. Deretter beskriver jeg tidligere forskning som jeg fant underveis i planleggingen, og som ble viktige inspirasjonskilder. Til slutt forklarer jeg hvordan opplegget faktisk ble gjennomført, med vekt på hva som ikke ble som planlagt.

5.1 Beskrivelse av undervisningsopplegg

Undervisningsopplegget er laget for fire undervisningsøkter. Arbeidet foregår i tre hovedfaser: presentasjon av oppgaven og idémyldring, arbeidsfase og avsluttende gallerivandring. Tabell 5.1 viser en oversikt over tidsplanen til de ulike fasene og aktivitetene. Elevene jobber i grupper, og materiell som ble brukt var A4-tegneark og fine-tip-penner, tegneblyanter og fargeblyanter.

Jeg utviklet tre støttekomponenter til opplegget: lysbildefremvisning, fagnotat og mini-tegnekurs. De to siste er faglige komponenter som er ment som støttestrukturer som skal støtte elevene i sitt arbeid. Nedenfor presenteres oppgavebeskrivelsen, fagnotatet, mini-tegnekurset og gallerivandringen slik det ble planlagt.

5.1.1 Oppgavebeskrivelse og lysbildefremvisning

I første arbeidsøkt introduserte jeg oppgaven for klassen i plenum på en lysbildefremvisning (vedlegg 5). Den lød som følger:

Dere skal i grupper lage en tegneserie på en A4 side der dere illustrerer immunresponsen som forklart i fagnotatet. Dere kan velge å lage tegneserien basert på en del av responsen som forklart, eller hele responsen. Dere velger om dere vil inkludere delen med vaksine eller ikke. Husk at det er immunresponsen som skal være i fokus. Dere velger selv tegneserietype; informativ, humoristisk, spenning eller andre ting. Dere kan også blande ulike typer. Ta bevisste og selvstendige valg, og vær klar for å argumentere for valgene dere gjør.

Elevene skal altså lage en tegneserie om immunforsvaret, der de fokuserer på hvordan immunforsvaret bekjemper bakterie-infeksjoner. Den faglige biten er forklart i fagnotatet. Immunforsvaret responderer ikke likt til alle bakterier, men det er noen generelle immunrespons-trekk som gjelder de fleste bakterieinfeksjoner. Det er disse som beskrives i fagnotatet. Elevene skal velge deler eller hele responsen, fra bakterier entrer kroppen til hukommelsesceller er dannet og immunitet er oppnådd. De velger også selv hvor detaljert det faglige innhold skal være, altså hvor dypt de setter seg inn i fagbiten. I oppgaveteksten har jeg i tillegg nevnt at de må være klare for å argumentere for valgene de gjør, for å utfordre dem til å jobbe selvstendig og bevisst, og unngå at alle tegneseriene blir for påvirket av hva jeg viser og forteller dem, men heller oppfordre til kreativitet og nytenkning.

Lysbildefremvisningen jeg lagde inkluderer oppgavebeskrivelse, tegneserie-eksempler og «tips og triks». Etter fremvisning av denne går det faglige gjennom på tavla, der læreren tegner og beskriver hvordan immunforsvaret responderer til en lokal bakterieinfeksjon,

med smittsom hjernehinnebetennelse som illustrerende eksempel på en sykdom som kan oppstå ved en bakterieinfeksjon.

5.1.2 Fagnotat

Etter at oppgaven er introdusert og den faglige delen er gjennomgått på tavla, får elevene utdelt et fagnotat, som jeg har utviklet (vedlegg 2). Notatet består av én A4 side der første del, «Smittsom hjernehinnebetennelse», beskriver sykdomsforløp, smittemåte, prognose og vaksinering mot smittsom hjernehinnebetennelse. Neste del, «Immunforsvarets historie» er hoveddelen, og beskriver immunresponsen mot bakterien *Neisseria meningitidis*, som forårsaker smittsom hjernehinnebetennelse. Jeg utviklet notatet basert på informasjon fra Freeman (2018), Dettmer (2021), FHI (2023) og NHI (2023). I tillegg tok jeg emnet immunologi (MOL3005) ved NTNU høsten 2023, der jeg fikk en god forståelse for immunforsvarets ulike funksjoner. Dette har vært til god hjelp i utviklingen av fagnotatet, og undervisningsopplegget i sin helhet.

5.1.3 Mini-tegnekurs

I tillegg får elevene et mini-tegnekurs i form av et hefte på fem sider som kan støtte dem i arbeidsprosessen, både med tegnetekniske tips og hvordan de kan gå frem dersom de står fast (vedlegg 3). Jeg brukte appen Notability versjon 14.7.6 på min iPadOS 17.4.1 til å utvikle tegnekurset. I kurset har jeg laget beskrivelser av de ulike fasene som bør inngå i arbeidet;

1. velg hva som skal fortelles, og hvordan,
2. designe karakterer,
3. skriv manus,
4. panel utforming,
5. skisser tegneserien og
6. tegnetips.

I tillegg inkluderer kurset ulike snakkebobler og fortellerbokser, eksempler på fargebruk, ulike uttrykk, panelutforming og skisser. Fasene er presentert i nummerert rekkefølge, men det står at rekkefølgen ikke må følges som den står. Kurset gjennomgås muntlig etter at elevene har fått litt tid til å lese fagnotatet, og et kurshefte deles ut til hver gruppe.

Tegnekurset er utarbeidet basert på tips, regler og teknikker publisert av Morrison et al. (2002), McDermott et al. (2018) og Friesen et al. (2018) som jeg modifiserte og oppsummerte i en arbeids-tabell (vedlegg 4). Dermed utviklet jeg tegnekurset basert på tabellen, og dro inspirasjon fra Jessica Emmet (2017) sitt tegnekurs-format. I tillegg lånte jeg tegnetipsene fra kurset hennes, som ligger som PDF-fil på internett¹.

5.1.4 Gallerivandring

Som avslutning til arbeidet gjennomføres en gallerivandring. Halvparten av gruppene står i ro og presenterer, mens de andre gruppene er publikum. En gruppe presenterer først for en publikumsgruppe, før publikum ruller, helt til de har sett alle gruppene som står i ro presentere. Dermed bytter man om, slik at de som var publikum nå presenterer. Læreren ruller med en gruppe slik at hun får sett alle gruppene presentere. På hver presentasjon brukes et par minutter i stillhet slik at publikum får lese tegneseriene selv,

¹ <https://www.jessica-emmett.com/downloads/how-do-i-make-comics-a-kids-guide-to-the-basics.pdf>

før skaperne begynner å forklare tegneserien sin. Deretter stiller publikum spørsmål, både angående valg de har gjort og fagspørsmål.

5.1.5 Undervisningsplan

Jeg laget en undervisningsplan med tidsberegning for de ulike arbeidsfasene og elementene som opplegget innebefatter (tabell 5.1). Den inkluderer de ulike aktivitetene som inngår i opplegget med tidsbegrensning, rammer og hvilke komponenter som inngår.

Tabell 5.1: Tidsperspektiv og aktiviteter i undervisningsopplegget

Klasse: 9.trinn		Fag: Naturfag		Lærer: Aurora Brovold	
Aktiviteter	Tid	Forklaring av aktivitet		Elementer	
<i>Økt 1: 45 minutter.</i>					
Presentasjon av oppgaven	10 min	Lærer forklarer i plenum med lysbildefremvisning		Lysbildefremvisning (vedlegg 5)	
Faglig gjennomgang	10 min	Lærer forklarer immunforsvarets respons i plenum mens hun tegner på tavla		Tavle og kritt	
Lese fagnotat	10 min	Elever får utdelt fagnotat som de leser		Fagnotat (vedlegg 2)	
Mini-tegnekurs	10 min	Lærer går igjennom mini-tegnekurs som		Mini-tegnekurs (vedlegg 3)	
Idémyldring	5 min	Gruppene begynner å idémyldre over hvordan de vil løse oppgaven			
<i>Økt 2: 90 minutter.</i>					
Idémyldring og planlegging	75 min	Gruppene fortsetter idémyldringen og begynner å planlegge tegneserien sin		Fagnotat og mini-tegnekurs som er utdelt	
Kladd	15 min	Gruppene får kladdeark de kan kladde på		A3 kladdeark Tegneblyanter	
<i>Økt 3: 45 minutter</i>					
Skissering	45 min	Gruppene begynner å skissere og fargelegge		A3 tegneark Tegneblyanter Fargeblyanter Fine-tip penner	
<i>Økt 4: 90 minutter</i>					
Ferdigstilling	45 min	Gruppene fargelegger og legger pennestrøk over blyantstrøkene		A3 tegneark Tegneblyanter Fargeblyanter Fine-tip penner	
Gallerivandring	45 min	Det ferdige arbeidet presenteres for klassen		Ferdigstilte tegneserier	

5.2 Mål med undervisningsopplegget

Jeg har utviklet et tredelt mål for undervisningsopplegget. I løpet av opplegget skal elevene;

- få kjennskap til hvordan immunforsvaret fungerer og hvordan ulike celler samarbeider for å bekjempe patogener og infeksjoner,
- lære hvordan tegneserier kan brukes som modeller for å forstå naturfaglige prosesser og,
- ta ansvar for egen læring og bli selvstendige i læringsprosessen sin

Det første målet innebærer at elevene skal få en helhetlig, kontekstuell forståelse av immunforsvaret ved å kjenne til de ulike mikro-delene som utgjør helheten. Kompetansemålene tilknyttet undervisningsopplegget lyder: «beskrive kroppens immunforsvar og hvordan vaksiner virker, og gjøre rede for hva vaksiner betyr for folkehelsen» (Kunnskapsdepartementet, 2019b). Det første læringsmålet er basert på dette, men går mer i dybden av å «beskrive kroppens immunforsvar» enn hva det kanskje er tiltenkt på 9. trinn.

Tegneserie brukes som et middel for at elevene skal lære fagkunnskapen på en engasjerende og elevaktiv måte. I henhold til Lindströms modell (figur 3.1) er målet derfor læring *med* kunst. Kunsten, tegneserie-arbeidet, er en metode for å nå de naturfaglige læringsmålene, hvilket er typisk for tverrfaglige prosjekter (Lindström, 2012), slik som prosjektet i denne studien. Undervisningen legger ikke bare opp til læring i naturfaglige emner, men også om tegneserier som medium og legger derfor opp til at elevene får erfaring i de kunstneriske aspektene.

Det siste målet; ta ansvar for egen læring og bli selvstendige i læringsprosessen sin, er et utenom-faglig mål som kan bidra til at elever på sikt også oppnår fagrettede mål. Ifølge læreplanen skal elever «utvikle bevissthet om egne læringsprosesser», «ta en aktiv rolle i egen læring» og skolen skal legge til rette for at elevene «reflekterer over sin egen læring, forstår egne læringsprosesser og tilegner seg kunnskap på selvstendig vis» (Kunnskapsdepartementet, 2017). I tråd med disse målene tilrettelegger undervisningsopplegget for høy elevautonomi og muligheter for selvstendige og kreative løsninger.

I tillegg har jeg utviklet spesifikke læringsmål for hver av de tre ferdighetene. Disse er definert i relasjon til prinsippene for læring om immunforsvaret fra Ghazal og Hokayem (2023) sitt rammeverk, som presentert i kapittel 2.3. Rammeverket består av tre ferdigheter som elevene bør kjenne til for å få en helhetlig forståelse av immunforsvaret; funksjon, mekanismer og mikro/makro-relasjoner. Når det gjelder den første ferdigheten; immunforsvarets ulike funksjoner, er målet at elevene skal kjenne til at:

- Makrofager tar opp og bryter ned patogener
- Dendritter tar opp og bryter ned antigener, og varsler det adaptive immunforsvaret
- B-celler produserer antistoffer (som immobiliserer og nøytraliserer patogener)

I den andre ferdigheten; mekanismer, er målet at elevene skal kjenne til at:

- Dendrittiske celler reiser til lymfeknuter via lymfesystemet
- Aktivering av T- og B-celler
- Fagocytose (hvordan dendrittiske celler og makrofager bryter ned patogener)
- Duplisering av T- og B-celler

Angående den tredje ferdigheten; mikro/makro-relasjoner, skal elevene kjenne til at:

- Vaksiner sprøyter inn antigener som setter i gang en immunrespons, som fører til produksjon av T- og B-hukommelsesceller, som gjør deg immun

5.3 Inspirasjon og begrunnelse for valg

Andre som har gjennomført lignende forskningsprosjekt er blant annet de Hosson et al. (2018) og Robin et al. (2021). De Hosson et al. (2018) arrangerte et prosjekt i form av en 12 timer lang tegne-workshop der elever mellom 12 og 16 år deltok på fritiden sin. Hensikten var å karakterisere hvordan vitenskap formidles når oversatt av studenter til analoge en-siders tegneseriestriper. Robin et al. (2021) derimot, undersøkte et nytt universitetskurs, hvis objektiv var å hjelpe studenter å utvikle interesse og ferdigheter om vitenskapsformidling ved å bruke digitale tegneserier som middel. Kurset foregikk også i 12 timer totalt, men var fordelt på 4 leksjoner á 3 timer, i tillegg til hjemmearbeid mellom leksjonene.

Felles for begge prosjektene er at en tegneseriekunstner og en vitenskapsformidler var tilstede for å hjelpe deltakerne. I tråd med dette viser forskning at eksplisitte instruksjoner om tegning, og hvordan og hvorfor det kan brukes som et verktøy for læring er en viktig pedagogisk betraktning som gjør elever i stand til å vise kunnskapen sin (Wilson & Bradbury, 2021; Anderson & Kachorsky, 2019). Det er et viktig aspekt å gi elevene en tilstrekkelig mengde med støttestrukturer, slik at elevene forstår hvordan de skal representere vitenskapelige idéer (ibid.). I og med at jeg ikke hadde verken en tegneseriekunstner eller vitenskapsformidler tilgjengelig, valgte jeg å heller lage et mini-tegnekurs, for å støtte elevene, som et substituerende verktøy. I tillegg satte jeg meg nokså grundig inn i teori om tegneserie-sjangeren og særlig vitenskapelige tegneserier for å kunne støtte og veilede elevene. Dette fokuserer Robin et al. (2021) også på i sin forskning, da de konkluderer med at læreren må ha tilstrekkelig kunnskap om både vitenskap og tegneserier for å være forberedt på å svare på svært mange ulike spørsmål og slik være i stand til å støtte eleven.

Mini-tegnekurset ble også utarbeidet med tanke på at elevene trenger et felles språk (ballonger, paneler, onomatopoetikon) for å kunne lettere produsere og forstå hverandres arbeid, i tråd med funn gjort av Barros (2017), og Wilson og Bradbury (2021). Jeg forsøkte også å presentere både visuelt pene og mindre pene eksempler på vitenskapelige tegneserier, for å gi elevene en lav inngangsterskel, jamfør Robin et al. (2021), som fant at studentene hadde lav tiltro til egen evne til å lage vitenskapelige tegneserier.

Begge ovennevnte prosjekter avsluttet med et seminar der deltakerne presenterte og forklarte tegneserien. De forklarte hva som motiverte dem, ulike valg de tok og intensjon. Dette står i samsvar til Wu og Rau's (2019) anbefalinger om at for at tegning skal innfri sitt læringspotensial, må elevene få muligheten til å forklare og rekonstruere forståelsen sin, slik at de kan identifisere ufullstendige mentale modeller. I lys av dette valgte jeg å gjennomføre en gallerivandring som avslutning på prosjektet, der gruppene viste frem og forklarte tegneserien sin. På den måten fikk alle elevene muligheten til å vise kunnskapen sin og forklare tegneserien sin, i tillegg til at det kan være motiverende å vite at arbeidet munner ut i noe. Det var også en god mulighet for meg som lærer til å evaluere elevenes læring.

Å gi elevene valg støtter dem i å utvikle eierskap til egen læring og i å identifisere seg mer med faget (Ames, 1992). På grunn av dette hadde undervisningsopplegget høy

elevautonomi, og elevene fikk selv velge hva de ville oversette til tegning fra fagnotatet, og skrive sin egen story-line. De valgte også selv sjanger, hvilke elementer som skulle inkluderes, og utarbeidet egne karakterer. Denne valgfriheten ga også de Hosson et al. (2018) deltakerne, med gode resultater.

5.4 Gjennomføring av undervisningsopplegg og refleksjoner

Undervisningsopplegget ble gjennomført i en 9. klasse med totalt 47 elever. Ca. 40 elever deltok i prosjektet, mens resten var fraværende eller deltok ikke av ulike grunner. Vi benyttet 2 doble og 2 single undervisningsøkter á 90 og 45 minutter, henholdsvis, totalt 4,5 klokketimer. Tiden vi brukte på de ulike arbeids-fasene er presentert i tabell 5.2, og avvek noe fra undervisningsplanen (tabell 5.1). Den planlagte tidsbruken avvek mer og mer ettersom elevene kom dypere i arbeidet. Mot midten og slutten av opplegget var elevene i svært ulike arbeidsfaser; mens noen fortsatt planla historien og skrev manus, var andre godt i gang med fargeleggingen.

Den første økten ble brukt til å presentere oppgaven, lese opp faglig manus, gjennomgå mini-tegnkurs og begynne med planlegging og informasjonsinnsamling. Elevene måtte bestemme seg for hvilken sekvens de ville bruke fra manuset og begynne å planlegge sin selvstendige historie (storyline) i henhold til instruksene. De kunne med andre ord ikke bruke det faglige manuset som sitt eget, men bruke det som utgangspunkt for å planlegge sin egen historie, eller fremstilling. I tillegg utarbeidet de sine egne karakterer med egenskaper og utseende. I den andre økten fortsatte planleggings-arbeidet, og etterhvert som elevene ble ferdige begynte de å skissere tegneserien med paneler, karakterer og dialoger. Deretter ble den ferdige skissen ferdigstilt. Elevene la tusj og farger, og eventuelle unødvendige blyantstreker ble hvasket ut. Til slutt brukte vi 30 minutter på Gallerivandring, som tidligere beskrevet. Dette ble litt knapt med tid, men utsettelsen var nødvendig da flere elever ikke var ferdige med tegneserien sin, og trengte ett kvarter ekstra.

Tabell 5.2: Gjennomføring av undervisningsopplegget med tider som avvek fra opprinnelig plan og årsaker/merknader for aktivitetene

Gjennomføring av undervisningsopplegget			
Aktivitet	Endring	Ny tid	Årsak/andre merknader
<i>Økt 1: 45 minutter</i>			
Presentasjon av oppgaven	Ingen	10 min	-
Faglig gjennomgang	Ingen	10 min	Elevene stilte spørsmål underveis, så gjennomgangen ble noe interaktiv.
Lese fagnotat	-5 min	5 min	Mange virket overveldet over mengden informasjon og nye begreper, så jeg måtte forklare og besvare mange faglige spørsmål.
Mini-tegnekurs	-5 min	5 min	På grunn av at klassen nettopp hadde laget tegneserie i et annet fag der de også fikk et kurshefte, gikk jeg kjapt igjennom før jeg delte ut.
Idémyldring	+10 min	15 min	Mange brukte lang tid på å komme i gang, og brukte heller mye av denne tiden på å lese fagnotatet. Andre gikk rett på og begynte å tegne. Jeg måtte stoppe disse, og be dem om å idémyldre og planlegge historien sin først.
<i>Økt 2: 90 minutter</i>			
Idémyldring og planlegging	+/- 15 min	60-90 min	Noen grupper kom langt, mens andre brukte mer tid. På grunn av tidsmangel måtte jeg oppfordre mange og hjelpe dem i gang. Andre var veldig selvstendige, og det var mange gode idéer i omløp.
Kladd	+/- 15 min	0-30 min	Noen grupper kom ikke i gang med kladden denne økta, mens andre grupper ble ferdige og var godt i gang med skissering og fargelegging.
<i>Økt 3: 45 minutter</i>			
Skissering	+/- 45 min	0-45 min	Noen brukte hele økta på skissering, mens et par grupper ikke kom i gang med skissering i det hele tatt. Disse gruppene tok med seg arbeidet hjemme.
<i>Økt 4: 90 minutter</i>			
Ferdigstilling	+15 min	50 min	Noen grupper trengte bare en siste finpuss på tegneserien sin, mens andre ikke rakk å bli ferdig. Etter ønske fra flere grupper, utsatte vi gallerivandringen ett kvarter.
Gallerivandring	-15 min	30 min	Gruppene begynte å presentere ettersom deres publikumsgruppe var ferdigleste, slik at det ble noe støy mens andre leste ferdig tegneseriene. Kan være lurt å sette på en alarm på for eksempel to minutter og være tydelig på at ingen snakker før denne går. I og med at jeg fulgte en gruppe var det ikke mulig å ha oversikt over de andre gruppene, og om gruppene behandlet hverandres arbeid med respekt, og om de i det hele tatt leste hverandres tegneserier. Kan være lurt å være to lærere under en slik gallerivandring. Et alternativ er å ha vanlig klasseromspresentasjon med en lese-økt av tegneseriene på forhånd.

Som sagt gikk de ulike aktivitetene og fasene over i hverandre. Elevene fulgte ikke tegneserie-kurset slavisk, men jobbet selvstendig og brukte ulik tid i fasene. Noen måtte innhente mer informasjon etter påbegynt skissering, og noen begynte å skissere karakterer med en gang. Noen grupper opprettet et dokument og laget story-line, utformet karakterer og lagde grundig skisse med panel-beskrivelser før de begynte å tegne på det som skulle bli det ferdige produktet. Læring er en kaotisk prosess, og det var ikke hensikten at elevene skal jobbe «ryddig», men heller at de skal jobbe bevisst og selvstendig, slik det også står i oppgavebeskrivelsen.

6 Kvalitative forskningsmetoder

I dette kapitlet redegjør jeg for forskningsdesignet for studien og forklarer hvordan jeg har utført intervensjonsforskningens fem steg. Deretter gir jeg en beskrivelse av utvalget, også forklarer jeg hvordan jeg har innhentet og brukt studiens to datakilder; tegneserier og intervju. Videre introduserer jeg metoden jeg brukte for dataanalyse av intervjuene, før jeg til slutt redegjør for avveininger jeg har tatt i forhold til studiens kvalitet.

6.1 Forskningsdesign – kvalitativ studie

Studien er av kvalitativ art, der hensikten er å få dyp innsikt og bidra i feltet til en kompleks og helhetlig kunnskapsforståelse, mens kvantitativ forskning heller ønsker å oppnå komplett eller perfekt forståelse (Morse & Field, 1996). Typisk for det kvalitative paradigmat er et få antall informanter og data som innhentes via forskningsintervju (Kvale & Brinkmann, 2009; Robson & McCartan, 2016). Målet med forskningsintervjuet er å få frem betydningen av folks erfaringer og avdekke deres opplevelse av verden (Kvale & Brinkmann, 2009). I og med at jeg er interessert i elevenes opplevelse av undervisningsopplegget, valgte jeg å benytte denne metoden. Kvalitative studier kjennetegnes også av nær kontakt mellom forskeren og informanten, hvilket er en nødvendighet for å få innsikt i deres erfaringer (Kvale & Brinkmann, 2009). Som klassens faste lærer i realfag hadde jeg allerede en nær relasjon til elevene, hvilket sannsynligvis har bidratt til at de følte seg trygge i situasjonen, men samtidig kan ha forhindret dem i å dele sine egentlige meninger.

Forskningsdesignet jeg har valgt å bruke er et fleksibelt forskningsdesign. Fleksible forskningsdesign benyttes innenfor det kvalitative paradigmat, og karakteriseres ved at forskningsspørsmålene og fokuset for prosjektet endrer seg gjennom prosessen (Robson & McCartan, 2016). Et slikt design var hensiktsmessig, og strengt talt nødvendig i denne studien, da jeg skulle utvikle en intervensjon der fokuset startet bredt, med visshet om at det ville snevre seg inn etter hvert. I begynnelsen av prosjektet hadde jeg som hensikt å teste ut tegning i undervisning som en metode for at elevene skulle forstå hvordan immunforsvaret fungerer. Forskningsspørsmålene var ikke helt klare, men jeg begynte likevel å lese teori for å undersøke hva som finnes av eksisterende teori, og hvilke hull kunnskapsfeltet har på fokusområdet. Etter hvert som dette ble klarere begynte jeg å formulere forskningsspørsmål og problemstilling, og leste teori som var rettet spesifikt på disse.

6.1.1 Intervensjonsforskningens fem steg

En intervensjon er en form for aksjonsforskning (Eikeland, 2012), som betegnes etter studiens mål, og hvilket gjerne handler om forbedring og involvering av en praksis (Robson & McCartan, 2016). Den underliggende hensikten i denne studien var å forbedre min egen praksis. Typisk for intervensjonsforskning er den nære relasjonen mellom forsker og deltakere (Robson & McCartan, 2016; Fraser & Galinsky, 2010), og det er en populær tilnærming innenfor utdanningsfeltet (Hine, 2013).

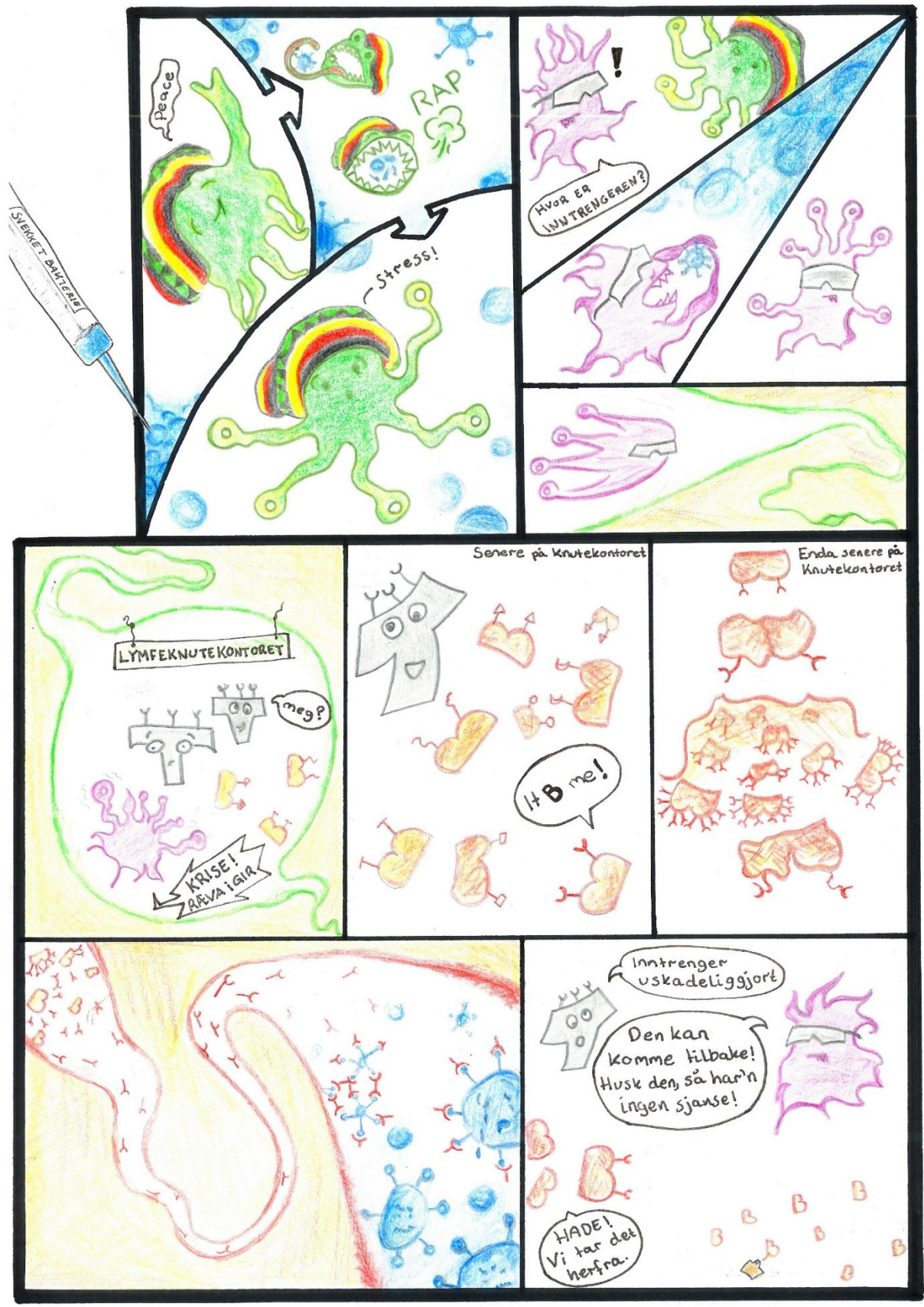
Det som definerer om aksjonsforskningen også er en form for intervensjonsforskning er systematikken og fremgangsmåten (Fraser & Galinsky, 2010). Fraser og Galinsky (2010)

adresserer fem steg som inngår i intervensjonsforskning, her gjengitt og oversatt til norsk:

1. Utvikling av problemstilling og teori,
2. utvikling av intervensjonen,
3. testing av ulike komponenter av intervensjonen og forbedring av disse,
4. utføring av intervensjonen i sin helhet, og
5. publisering av resultater og funn.

Jeg gjennomførte alle disse stegene i min forskningsprosess, mer eller mindre i rekkefølge. At stegene går over i hverandre er et typisk trekk for fleksible design (Robson & McCartan, 2016; Fraser & Galinsky, 2010). Det første jeg gjorde var å bestemme meg for tematikken, tegneserie og immunforsvaret, før jeg bestemte meg for en vinkling og leste relevant teorilitteratur (steg 1). Jeg leste først bredt om tegning, tegneserier og læring, og estetiske læringsprosesser for å unngå å snevre inn fokuset for tidlig og blindes for mulige vinklinger for oppgaven. Deretter begynte jeg å utvikle intervensjonen samtidig som jeg leste teori, og simultant bearbeidet problemstillingen og forskningsspørsmålene (steg 1 og 2). Jeg rettet også blikket mot konseptuell læring, og tok fatt på å lese forskning om tematikken. Deretter begynte jeg å utvikle de ulike komponentene som jeg fant ut at burde inngå i opplegget, blant annet ved å lese teori og diskutere med veileder (steg 3). Jeg utarbeidet mini-tegnekurset, fagnotatet, lysbildefremvisningen med oppgavebeskrivelse og planla rammene for opplegget, blant annet tidsbruk og hvilket tegneutstyr som trengtes. Jeg testet tegnekurset på min samboer, som er IT-student ved NTNU, for å se hvordan han, som ikke har noe tegneerfaring, forsto det. Lysbildefremvisningen og fagnotatet sendte jeg til min lillesøster, som gikk kunst-linje på videregående og tegner og driver med kreativt håndverk som hobby. Dette for at hun skulle teste oppgaven, og faktisk lage en tegneserie slik oppgaven beskriver. Hun har også ADHD og dysleksi, så hun ga veldig nyttige tilbakemeldinger angående oppgavebeskrivelsen. Først forsto hun ingenting av oppgaven, og var svært forvirret over hva hun skulle gjøre. Det presset meg til å tydeliggjøre oppgaven, og tenke nøye gjennom hva jeg ville elevene skulle gjøre, og hvordan jeg skulle tilrettelegge for arbeidet. Resultatet var at hun laget en flott tegneserie, som ble en slags «ekspert-tegneserie», se figur 6.1. Denne piloteringen var svært i nyttig i bearbeidelsen av tegnekurset, lysbildefremvisningen og fagnotatet.

Etter testingen av komponentene (steg 3), og da intervensjonen var klar i sin helhet, utførte jeg opplegget i klasserommet (steg 4). Utførelsen beskrives i kapittel 7. Jeg har også fullført siste steg i intervensjonen; publisering av resultater og funn (steg 5).



Figur 6.1: Ekspert-tegneserie som en del av steg 3 i intervensjonsforskning

6.2 Beskrivelse av utvalg

Utvalget er en klasse på 9. trinn på en byskole med et høyt antall elever. Flesteparten er født og oppvokst i Norge, og har derfor lite vansker med språket. Imidlertid er dette ikke representativt for skolen generelt, da andre klasser har et høyt antall elever som er barn av 1.generasjons innvandrere, og dermed ikke behersker norsk fullstendig, særlig når det gjelder fagspråk. Det er også mottaksklasse på bygget. Bydelen er en gjennomsnittlig bydel med en kombinasjon av innbyggere fra arbeidsklassen fra øvre og nedre sjiktet.

Jeg opplever klassen som en god og trygg klasse å være både elev og lærer i. De fleste virker å være trygge i klasserommet, og det virker som det er et generelt godt psykososialt miljø blant elevene. Dette kan være et resultat av at lærerne har jobbet mye med fellesskapet i klassen, og har vært opptatt av at de skal føle på å være i et godt fellesskap helt siden de begynte i 8. trinn. De fleste tør å holde presentasjoner foran klassen, og det er et kun et fåtall elever som har høyt fravær samt noen tilfeller av skolevegring. Det faglige nivået til elevene som er i klasserommet er generelt høyt, og jeg opplever at de generelt har høy, og ofte ytre motivasjon for å jobbe med fag. De virker generelt opptatt av å gjøre det bra og få gode karakterer.

Informantene som ble valgt er etter min mening en god representasjon av utvalget. En av tegneseriene var laget av én elev, mens resten var laget i samarbeid av elev-grupper. På intervjudagen var en elev fra en av gruppene fraværende, så totalt antall informanter er 6 i denne studien.

6.3 Datainnsamling

Datakildene som ble samlet inn var elevproduserte tegneserier og intervju. Hovedmaterialet er intervjuene, og det er kun disse som er gjenstand for systematisk dataanalyse. I det følgende beskriver jeg hvordan datakildene ble innhentet og hva de ble benyttet til, med henvisninger til metodeteori. Data fra intervju og skannet versjon av tegneseriene ble innhentet etter godkjenning fra Sikt, kunnskapssektorens tjenesteleverandør, som et ledd i å ivareta studiens etiske integritet. Vedlegg 7 viser vurderingsskjemaet fra Sikt, og vedlegg 8 viser samtykkeskjemaet som ble utfyllt etter Sikt sine retningslinjer.

6.3.1 Elevproduserte tegneserier

Etter gjennomførelsen av undervisningsopplegget leverte elevgruppene sine tegneserier til meg. Jeg grupperte tegneserier hvis alle gruppemedlemmene hadde samtykket til studiedeltakelse etter fire kategorier: «eventyr/historie», «faktabasert/informativ», «tydelige analogier», «utydelige/kreative». Den første kategorien innebefattet tegneserier som baserte seg på historier, der cellene ofte var karakterer, enten dyr, mennesker eller fantasifigurer. Eksempelvis illustrerte en av tegneseriene en dendrittisk celle som en kongelig budbringer, en T- og B-celle som konge og dronning, antistoffer som riddere, og bakterier som en drage. Budbringeren ga bud til kongen og dronningen om at en drage hadde inntatt kongeriket, og ridderne dro i vei for å bekjempe dragen.

I den andre kategorien var tegneseriene mer informative, og tegningene illustrerte ofte cellene som enkle «blobber», og store B- og T-bokstaver som representerte B- og T-celler. De hadde ikke laget sin egen historie, men presenterte immunforsvarets mekanismer slik de ble beskrevet i fagnotatet. Likevel var antropomorfisme ofte brukt ved at cellene sa hva de gjorde, eller skulle til å gjøre, i dialogbobler.

Jeg laget kategorien «tydelige analogier» etter hvert som jeg oppdaget at noen av «eventyr/historie»-tegneseriene brukte tydelige analogier for å forklare et spesifikt fenomen. Eksempelvis illustrerte en tegneserie en prins-lignende figur som hadde en sko, og var på utkikk etter skoens rettmessige eier. Dette er en analogi til dendrittiske celler som har fått antigen/bakterie-fragmenter på overflaten og leter etter T-cellen som har en kompatibel reseptor med fragmentene cellen uttrykker. Denne kategorien kunne inngått i eventyr/historier, men i og med at det var en tendens å bruke analogier, ville jeg fremheve dette i en egen kategori. Jeg oppdaget også at de skilte seg ut ved at de ofte omfattet en mindre del av fagnotatet, og presenterte gjerne en spesifikk mekanisme, kontra de andre som illustrerte flere en lengre sekvens av immunforsvaret.

Den siste kategorien oppstod ved at jeg observerte at en del tegneserier enten manglet dialog og fortellerbokser fullstendig, eller hadde veldig lite av det. Dermed ble det også vanskelig å tyde tegneseriene. Noen av disse tegneseriene hadde også et mer kreativt preg, og inkluderte tegninger som fremsto fjernere fra virkeligheten enn de andre tegneseriene.

Etter kategoriseringen valgte jeg tilfeldig én tegneserie fra hver av disse bunkene, altså fire tegneserier. Jeg spurte gruppene som hadde produsert dem om de ville delta på intervju, og alle godtok. Under intervjuet hadde elevene tegneserien foran seg. Det første intervju spørsmålet ba elevene om å forklare tegneserien sin, hvilket er ment å sikre at tegneseriene forstås slik de er ment å forstås fra skapernes side, og ikke feiltolkes. De ferdige arbeidene presenteres i skannet versjon med forklaring basert på elevenes ordbruk i kapittel 8.1.

Tegneseriene ble ikke gjenstand for videre analyse, da forskningsspørsmålenes bredde kunne undersøkes basert på intervjuene. I tillegg var de fleste i seg selv nokså utydelig, slik at informantenes muntlige forklaring var en mye bedre gjenstand for analyse, da den viser deres egentlige uttrykte forståelse. Derfor konkluderte jeg med at det var tilstrekkelig å diskutere og tolke tegneseriene videre basert på intervju svarene.

6.3.2 Kvalitativt intervju

En uke etter undervisningsoppleggets slutt intervjuet jeg de fire gruppene hver for seg. Jeg satte av en halvtime til hvert intervju, og avtalte tider med elevene tidlig samme dag. Vi gjennomførte intervjuet på et grupperom på elevenes skole, med få forstyrrelser sett bort ifra at noen sparket i døra utenfra ett par ganger.

Intervjuet var semistrukturert med åpne spørsmål og inngående spørsmål som kunne stilles i tilfelle behov for utdypning oppstod (Kvale & Brinkmann, 2009). I tillegg stilte jeg spontane oppfølgingsspørsmål, for å oppklare ting ved det som ble sagt (ibid.). Under utarbeidelsen av intervjuet lagde jeg tre bolker med utgangspunkt i de tre forskningsspørsmålene. Dermed skrev jeg ned hva jeg ville finne ut, og formulerte spørsmål i neste kolonne, som vist i tabell 6.1 nedenfor. Første spørsmål tok utgangspunkt i tegneserien elevene hadde laget, og resten av intervjuet baserte seg på informasjonen de forklarte.

Tabell 6.1: Første rad av intervjuguiden inkludert intervjuets to første spørsmål.

Forskningsspørsmål	Hva jeg vil finne ut	Hovedspørsmål	Inngående spørsmål
Hvilken forståelse av immunologi kommer til uttrykk gjennom tegningene og elevenes forklaring av egne tegninger?	Hva som oppklares av det jeg fant uklart når elevene får muligheten til å forklare	1. Kan dere forklare hva som skjer i tegneserien deres? 2. Hvorfor valgte dere denne/disse analogiene/sjangeren/karakterene? 3. Var det noe dere bevisst ikke tok med i tegneserien deres?	Hvorfor gjorde dere slik? Og slik? Hvorfor?

«Det kvalitative forskningsintervjuet søker å forstå verden sett fra intervjupersonenes side» (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 21), hvilket også var min hensikt. Jeg forsøkte å avdekke hvilken fagforståelse elevene uttrykte, hvordan den ble uttrykt og hva de synes om arbeidsmåten. Målet var å bidra til å produsere kunnskap, som sammen med annen forskning kan påvirke til god naturfagundervisning. Den underliggende epistemologien i denne studien er sterkt påvirket av kontekstualisme, som tar utgangspunkt i at mennesker ikke kan separeres fra konteksten de lever i, og at kunnskap derfor må forstås som kontekstbasert (Madill et al., 2000) Derfor er det viktig å påpeke at mine verdier og praksiser former kunnskapen som produseres sammen med informantene. De er ikke uavhengige av meg, og både jeg og konteksten intervjuet holdes i – altså i en skolesetting på en fredag ettermiddag, påvirker kunnskapen denne studien produserer.

Kvale og Brinkmann (2009) ser på intervjuet som et håndverk, der «intervjuets kvalitet avhenger av intervjuerens praktiske ferdigheter og personlige vurderinger» (s. 36). De påpeker også at erfaring er nøkkelen, og at man først i analyseprosessen kan oppdage en del utfordringer som knyttes til hvilke spørsmål som er stilt, og hvordan. Når det gjelder erfaring må det nevnes at jeg har fått opplæring i å intervjuer i anledning en jobb som undervisningsassistent på NTNU, der jeg skulle ansette læringsassistenter. Der lærte jeg viktigheten av å gi alle intervjusubjektene samme energi, og fremstå nøytral, men hyggelig, både for å berolige intervjusubjektene og for å unngå å gi noen en fordel ved å gi noen mer positiv energi og tilbakemeldinger enn andre. Dette har gjort meg bevisst som intervjuer, hvilket kan være fordelaktig for å få frem intervjusubjektene reflekser.

En annen faktor som påvirker kunnskapen som kommer ut av intervjuet er relasjonen mellom intervjueren og den intervjuede (Ryen, 2012). «Relasjonen avhenger blant annet av intervjuerens evne til å skape et rom der intervjupersonen fritt og trygt kan snakke» (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 36). Jeg forsøkte å skape dette rommet ved å ha et avslappet kroppsspråk, og snakke litt løst og ledig med den intervjuede før jeg satte på lydopptakeren. I tillegg understreket jeg både før og etter lydopptakeren ble skrudd på at jeg ikke vurderer det som blir sagt, og at det de sier brukes til å undersøke oppleggets kvalitet, ikke elevenes. Som sagt ba jeg elevene ta utgangspunkt i tegneseriene sine, hvilket også kan ha vært en trygghet for dem, i motsetning til at jeg hadde spurt om noe

som var utenfor deres kontroll. Av etiske grunner passet jeg også på å ikke presse elevene for mye på det faglige, da det vil kunne sette dem i forlegenhet. Disse valgene var forsøk på å skape en avslappet atmosfære slik at elevene følte seg trygge og stilte seg positive til å dele ærlige betraktninger og erfaringer. Som klassens faste naturfag- og matematikk-lærer hadde jeg allerede etablert en god relasjon til de fleste elevene i klassen, som kan ha bidratt til at de snakket friere enn dersom intervjueren hadde vært en ukjent. Det kan likevel ha vært vanskelig for elevene å «glemme» at jeg er læreren deres, og det faktum at jeg vanligvis evaluerer dem kontinuerlig.

Det er også verdt å nevne at intervjuvarene ikke trenger å representere sannheten om faktiske forhold, men de kan si noe om personens oppfatning av seg selv og situasjonen (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 256), for eksempel ved at de svarer det de tror læreren vil høre. Dette samsvarer med denne studiens epistemologiske vekting, kontekstualisme.

Intervjuene ble tatt opp via Nettskjema på mobil-app, slik at lydfilene ble lagret på nett med innlogging via NTNU-bruker. Nettskjema-appen transkriberte automatisk lydfilene, med noen feil som jeg rettet opp i mens jeg hørte gjennom lydfilene.

6.4 Dataanalyse

Her beskriver jeg kort metoden jeg har brukt for dataanalyse og begrunner hvorfor. I kapittel 7 beskriver jeg hvordan jeg har utført den analysen.

Jeg brukte refleksiv tematisk analyse (TA), som beskrevet av Braun og Clarke (2022), til å analysere elevintervjuene. Analysemetoden er en prosess der forskeren leter etter mønstre på tvers av datasettet. Dette var nyttig i min forskning da jeg utforsket erfaringer elever generelt uttrykte, og ikke var interessert i sammenhenger mellom elevtyper, kjønn eller andre faktorer og erfaringene deres. Målet med den refleksiv TA er å fange opp mønstre som illustrerer viktige betydninger i forhold til studiens problemstilling, og ikke diskutere hele datasettet. I tråd med dette har jeg sløffet noen funn, og kun diskutert mønstrene jeg mener er viktige for problemstillingen.

Refleksiv TA passer forskere som vil utforske dype, komplekse og nyanserte betydninger og forståelser (Braun & Clarke, 2022), og passer dermed denne studiens underliggende ontologi som kritisk realisme. Kritisk realisme vurderer at det finnes en sannhet, men at erfaringer vi har former hvordan vi opplever virkeligheten, og at vi derfor uttrykker vår versjon av virkeligheten. Således tolker jeg elevenes utsagn basert på det de sier, men forsøker også å tolke hvorfor de sier det, og hvilke implikasjoner man kan trekke fra både utsagnet og konteksten til utsagnet.

Analysemetoden har et sett med retningslinjer som kan følges, men forskeren står fritt til å avvike fra disse og tilpasse metoden til sin situasjon (Braun & Clarke, 2022). Denne fleksible og pragmatiske tilnærmingen lot meg ha både induktiv og deduktiv orientering til dataene, hvilket var nødvendig da første forskningsspørsmål ble analysert sterkt påvirket av eksisterende teori, mens de to andre forskningsspørsmålene ble analysert induktivt.

Robson og McCartan (2016) peker på ulemper ved tematisk koding, blant annet at rapportene ofte begrenser seg til beskrivelse, og mangler fortolkninger, og at det ofte gis lite informasjon om detaljene i prosessen. I tillegg peker de til at metodens fleksibilitet gjør at rekkevidden av hva som kan sies om datamaterialet er så bredt at forskeren kan hindres i å avgjøre hvilke aspekter som skal fokuseres på.

6.5 Kvalitet

Når jeg skal forklare ulike valg jeg har gjort for å sørge for god forskningskvalitet, må det settes i sammenheng med metoden jeg har brukt for dataanalyse. Her redegjør jeg derfor for hvordan forskningskvaliteten og metoden på mange måter henger sammen.

Refleksivitet betyr å se på seg selv, anerkjenne og ta ansvar for ens eget ståsted innenfor forskningen, samt effekten det kan ha på situasjonen (Berger, 2015). For eksempel vil det at jeg er lærerstudent påvirke hva jeg leter etter, hvilket ikke betraktes som en svakhet, men heller en styrke i refleksiv TA (Braun & Clarke, 2022; Terry, 2021). Jeg forsker som lærerstudent, ikke som fagekspert eller psykolog; i så fall ville jeg kanskje sett etter helt andre betydninger i datasettet. At jeg forsker som lærerstudent innebærer at jeg ønsker at undervisningsopplegget skal lykkes, da jeg som kommende lærer ønsker å lage gode undervisningsopplegg. Slike refleksjoner, sammen med forskerens subjektivitet verdsettes i refleksiv TA, og det skal derfor ikke forsøkes å kontrollere forskerbias (Braun & Clarke, 2022). For å sørge for god forskningskvalitet anbefaler Braun og Clarke (2022) å skrive en refleksiv dagbok, der man redegjør for sine eksisterende kunnskaper og antagelser, og hvordan disse kan forme forskerens tolkning av dataene. Cuncliffe (2004) peker imidlertid på at skriveren må utfordre seg selv og stille spørsmål ved sine tanker, heller enn å simpelthen notere ned det man tenker, for at dagboken faktisk skal være refleksiv. Dette har jeg forsøkt å gjøre i vedlegg 6. Der har jeg forsøkt å tydeliggjøre mine indre tankeprosesser og reflektere over hvordan jeg har utfordret meg selv, og hvordan min dobbeltrolle som lærerstudent og lærer har påvirket prosessen.

Når forskere skal demonstrere faglig bevissthet om konsekvensen av bestemte metodologiske valg (Seale, 1999), er det ofte i sammenheng med begrepene reliabilitet (troverdighet) og validitet (Ryen, 2012). Validitet handler om i hvilken grad våre observasjoner faktisk reflekterer det vi ønsker å vise noe om (Pervin, 1984), mens reliabilitet handler om hvorvidt resultatene er konsistente og troverdige (Kvale & Brinkmann, 2009). For å oppnå valide observasjoner tok jeg opp intervjuet med nettbrettet og telefon, og lyttet til opptaket tre ganger mens jeg rettet på de ferdigskrevne transkripsjonene i diktafon-appen. Jeg har heller ikke gjettest på ord ved uklarheter, med mindre setningen ellers ikke muliggjør andre ord enn ett. Jeg har også valgt å ikke fremheve ord og dermed tyde hvordan eleven sier det hen sier, for å unngå feiltolkninger. I tillegg stilte jeg mange oppfølgingsspørsmål for å sikre meg at jeg forstod det som ble sagt. Det var likevel ett par tilfeller der jeg ikke helt forsto hva elevene mente, der jeg var litt for opptatt av neste spørsmål til å lytte godt nok til eleven. Dermed ble det vanskelig å stille oppfølgingsspørsmål uten å be eleven gjenta det hen sa. Dette var kun ved ett par anledninger, da jeg i utgangspunktet var opptatt av å lytte til eleven, og har erfaring som intervjuer fra før.

Reliabiliteten, eller troverdigheten til studien er forsøkt møtt ved å gi grundige og rike beskrivelser av metodene og prosessene som er utført, samt av informantutvalget. Dermed kan leseren selv vurdere om funnene er analytisk generaliserbare, om de har en overføringsverdi til andre situasjoner (Kvale & Brinkmann, 2009). Videre har jeg beskrevet mine antagelser i detalj, slik at leser selv kan avgjøre hvorvidt hen er enig eller uenig i mine antagelser. Jeg har også lett etter negative tilfeller som kan avkrefte teoriene jeg dannet meg i kodingsprosessen, slik Robson og McCartan (2016, s. 172) anbefaler. For eksempel dannet jeg meg fort en teori om at analogier bidrar til god kommunikasjon og er et tegn på at elevene har forstått fagkunnskapen. Jeg har likevel

også inkludert tilfeller der analogier ikke bidrar til god kommunikasjon, men heller forvirrer mottakeren.

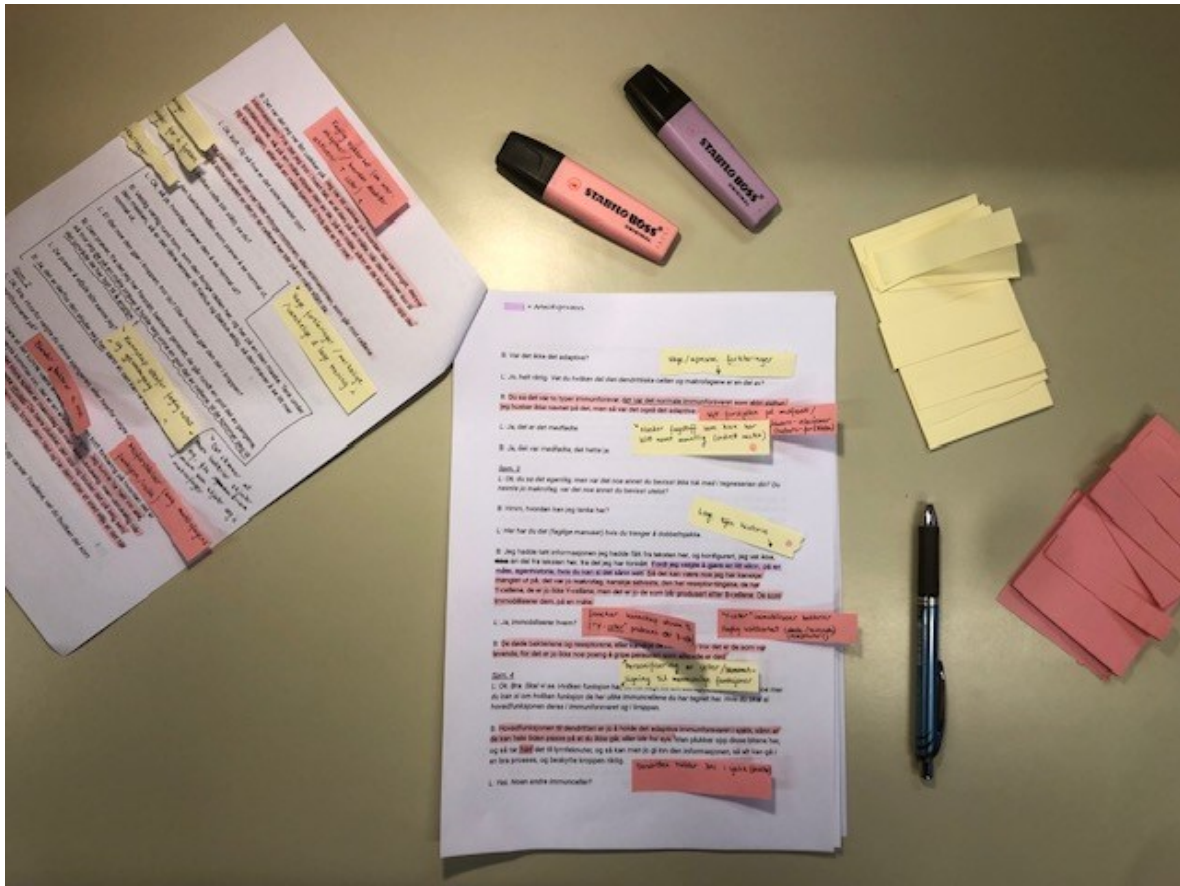
I tillegg valgte jeg tegneseriene tilfeldig, for å sørge for at ikke kun de tegneseriene jeg mener er estetisk pene ble inkludert. Etter sorteringen i fire bunker, én bunke for hver kategori, ba jeg en kollega om å si et tall fra 1 til antallet tegneserier som lå i den første bunken. Tegneserie 1 var den øverste, 2 nest øverst og så videre. Dermed ble tegneserien som representerte tallet hun sa, selektert til studien. Kollegaen satte noen meter unna, og så ikke tegneseriene.

7 Tematisk analyse – hvordan jeg gjorde det

Braun og Clarke (2022) viser til 6 faser av refleksiv TA, som er å bli kjent med datamaterialet, kode datasegenter, utvikle innledende temaer, revidere temaene, raffinere og navngi temaene, og til slutt, rapportere analysen. De presiserer at fasene ikke skal forstås som kronologiske steg, men at en god analytisk prosess krever at fasene går over i hverandre og at forskeren noen ganger må gå tilbake til tidligere faser. Videre beskriver jeg hva jeg har gjort i de ulike fasene, og hvordan jeg har valgt å løse problemer jeg møtte på veien:

Fase 1: I den første fasen skal forskeren bli kjent med data. Jeg gjorde dette ved å renskrive transkripsjonene mens jeg lyttet til lydfilene, skrev refleksjonsnotater om hvert intervju og datasettet som en helhet, og skrev notater om interessante svar. Måten jeg renskrev transkripsjonene på, var at jeg satte lydfilen på 3/4 hastighet og skrev informantens utsagn så nøyaktig som jeg kunne. De få gangene jeg ikke klarte å lage mening ut av informantens utsagn, fordi de snakket lavt og utydelig, skrev jeg *utydelig*, da jeg syntes det ga lite mening i å gjette og risikere å tilegne elevene feil eller misledende språk.

Fase 2: Neste fase er kodingsfasen, der jeg identifiserte datasegenter som jeg synes fremstod interessante og relevante til problemstillingen. Det vil si at ikke alle utsagn ble kodet, som andre analysemetoder legger opp til. Kodingsprosessen reduserer datamaterialet ned til viktige betydninger, ut ifra forskerens betraktninger (Terry, 2021), og datasegenter som eksemplifiserer de samme idéene samles (Gibbs, 2007). Jeg utførte kodingsprosessen manuelt med markeringstusjer og post-it lapper, og brukte tre ulike farger for tre kode-grupper; fagforståelse, formidlingsstrategier og elevenes opplevelse (figur 7.1).



Figur 7.1: Bilde av min manuelle kodingsprosess med markeringstusj og kodelapper.

Årsaken til at jeg tildelte forskningsspørsmålene hver sin farge var at jeg innså at jeg måtte lete etter ulike betydninger i datasettet. For eksempel lette jeg etter faglig innhold for å undersøke betydning med relevans for forskningsspørsmål 1. For å undersøke formidlingsstrategier (forskningsspørsmål 2) undersøkte jeg elevutsagn med faglig innhold, men med et annet blikk; jeg prøvde å dekonstruere utsagnene for å oppdage hvilke strategier de brukte for å formidle fag. Denne inndelingen avviker fra Braun og Clarke (2022) sine retningslinjer, men de omtaler slike avvikelser som nødvendig i refleksiv TA, da hver studie er unik, og må håndteres deretter, med en pragmatisk tilnærming. Jeg valgte å gjøre det slik da det hjalp med å holde kodingsprosessen ryddig og oversiktlig. Tabell 7.1 viser eksempler på datasegmenter og hvilken kode-gruppe de tilhører.

Tabell 7.1: Datasegmenter og tilhørende kode-grupper (forskningsspørsmål)

Datasegment	Kodegruppe
...plasmaceller reiser jo via blod etterpå eller noe. Og så dro de jo tilbake.	1.Fagforståelse
...og så ser vi også dendrittene her. Som kommer for å spise dem opp og <i>pynte seg</i> med anti-fragmenter.	2.Formidlingsstrategier
Jeg føler meg ikke så flink på å lage tegneserier kanskje. Vi ville heller fokusere på å få det litt lett forståelig og litt mer faglig.	3.Elevenes opplevelse

Kodegruppe 1 - fagforståelse

Den først kodegruppen, tilknyttet forskningsspørsmål 1; fagforståelse, ble kodet med deduktiv orientering, med utgangspunkt i rammeverket til Ghazal og Hokayem (2023). Rammeverket innebærer som nevnt tre ferdigheter som kreves for å forstå kroppslige systemer; funksjon, mekanismer og mikro/makro-relasjoner. Jeg kodet fagkunnskapen elevene uttrykte med en av de tre ferdighetene så langt det lot seg gjøre, for å få en oversikt over hvilke ferdigheter de hadde opparbeidet seg. I tillegg markerte jeg misoppfatninger og usikkerheter elevene uttrykte, som ble en fjerde kode i denne kodegruppen. For eksempel kom det frem at en elev ikke visste at T-celler var hvite blodceller. Tabell 7.2 viser eksempler på utsagn jeg tilegnet hver av de fire kodene. I tillegg spesifiserte jeg essensen i elevutsagnene i en tredje kolonne.

Jeg har ikke tatt denne kodegruppen med videre til de neste fasene, tematisering. Dette fordi spørsmålets natur, hvilken fagforståelse elevene viser, krever ikke videre tematisering. I resultatdelen, i delkapittel 8.2 behandler jeg denne kodegruppen som en egen enhet, der jeg analyserer elevutsagnene.

Tabell 7.2: Eksempler fra den deduktive kodingsprosessen av kodegruppe 1.

Kodegruppe 1 – fagforståelse		
Koder	Datasegment	Essens
Kunnskap om funksjon	Bea: Dendrittene er jo den som tar den fra hverandre, bakterien. Og så pynter seg med den. De bruker sånn... De bruker en slags arm og så tar de dem inn og spiser dem. Og fordøyer dem liksom.	Dendrittiske celler bryter ned og pynter seg med bakterier/antigener
Kunnskap om interaksjoner	Dina: Dendritten får jo beskjed fra makrofagen om at det er noe. Så den reiser via lymfesystemet. Og så finner den T-cellene og B-cellene i de her lymfeknutene.	Dendrittiske celler reiser via lymfesystemet for å finne T- og B-celler i lymfeknuter
Kunnskap om mikro/makro-forhold	Carl: [T- og B-cellene] gjenproduserer, lager flere da, så de kan forberede seg til neste gang, eller stoppe det fra å skje.	T- og B-celler stopper reinfeksjoner
Misoppfatninger og usikkerheter	Anders: Jeg vet ikke helt hvordan T-celler angriper forskjellige celler, men jeg vet hvordan hvite blodceller gjør...	Vet ikke at T-celler er hvite blodceller

Kodegruppe 2 og 3 – formidlingsstrategier og elevenes opplevelser

De andre to kodegruppene (forskningsspørsmål 1 og 2; formidlingsstrategier og elevenes opplevelse) var mer induktivt orientert, altså tok jeg utgangspunkt i datasettet, fordi jeg ville ha et mer åpent og utforskende blikk på saken. Kodingen var likevel ikke rent induktiv, da min subjektivitet som forsker spiller inn på hvilke datasegmenter jeg mener er betydningsfulle for studien, og hvilke betydninger jeg gir uttalelsene (Fine, 1992).

Kodene jeg laget varierte fra å være i hovedsak semantiske til latente. Semantiske koder er mer eksplisitte, og har overflate-betydninger, ofte beskrevet med ord fra datasegmentene (Peng et al., 2016). Jeg valgte å beholde elevenes terminologi i mange tilfeller fordi det har betydning, særlig for forskningsspørsmål 2; formidlingsstrategier. Latente koder har mer konseptuell eller implisitt betydning, og noen ganger med betydning langt borte fra det åpenbare innholdet i datasettet (Peng et al., 2016), slik som koden *Bruker analogier for å forklare*. I utsagn markert med denne koden har jeg tolket det dit hen at elevene benytter analogier, selv om de ikke selv nødvendigvis er klare over det. Tabell 7.3 viser eksempler fra datasettet, og hvorvidt jeg mener tilhørende koder er mer semantiske eller mer latente. Slik som med induktiv/deduktiv orientering, kan kodene være mer eller mindre semantiske/latente, og skal ikke forstås som en enten/eller kategori, men heller en kontinuerlig skala (Braun & Clarke, 2022).

Tabell 7.3: Eksempler på datasegmenter med semantiske eller latente koder.

Datasegment	Kode	Semantisk/latent
«Det kan han bruke som på en måte et sånn her keycard, et sånt skannekort.»	Analogier som hjelper	Mer latent, fordi det er min analyse at eleven bruker analogier. Eleven selv trenger ikke være bevisst det.
«Hovedfunksjonen til dendritten er jo å holde det adaptive immunforsvaret i sjakk...»	Dendrittisk celle holder DAI i sjakk	Mer semantisk, fordi koden er mer en oppsummering av elevens uttalelse.
«Når de [immunceller] ser noen dårlige celler [...], så kommer de inn der og blir kvitt det.»	Upresis forklaring	Mer latent, fordi det er min analyse at eleven forklarer upresist. Eleven selv trenger ikke være bevisst det.
	Personifisering av celler (Celler «ser»).	Mer latent, fordi det er min analyse at eleven personifiserer cellene. Eleven selv trenger ikke være bevisst det. Semantisk forklaring av koden i parentes.

For å fange datasettets viktige betydninger i forhold til problemstillingen, gikk jeg gjennom hele datasettet to ganger, slik Braun og Clarke (2022) anbefaler. Andre runde kodet jeg intervjuene i en annen rekkefølge enn første runde, for å unngå at senere datasegmenter ble kodet med utgangspunkt i tidligere datasegmenter. Slik unngikk jeg også at tidlige datasegmenter ble kodet mer i dybden på grunn av mer tålmodighet i starten av kodingsprosessen. Kodene ble mer raffinert og finpusset under andre koderunde, for å oppnå spesifikke og presise koder som fanger det rike mangfoldet av betydning innen datasettet. Når alle intervjuer var gjennomgått kodingsprosessen 2 ganger, og alle datasegmenter med betydning i forhold til problemstillingen var blitt merket og kodet, hadde jeg en endelig liste med 30 koder som ble med i analysens neste fase.

Fase 3: I denne fasen utviklet jeg innledende tema som «fanget mønster av betydning», og samlet koder fra kodegruppe 2 og 3 med felles idéer og konsepter innenfor temaene (Braun & Clarke, 2022; Terry, 2021). For eksempel merket jeg at det var en kontrast mellom elever som hadde mest fokus på fag og elever som fokuserte mer på å utarbeide kreative historier. Her samlet jeg koder som *formidle fag er viktigst* og *ønsker å fordype oss mer*. Denne fasen gjorde jeg manuelt ved å klippe ut hver kode, og flytte de rundt mens jeg studerte hvilke koder som henger sammen og hva de forteller av relevans til problemstillingen. Noen av temaene var mer åpenbare og andre mindre, men jeg var oppmerksom på å ikke lage temaer som rett og slett oppsummerte tematikken i datasegmentene, og som ikke fortalte noe om min analytiske innfallsvinkel til betydningen i datasettet (Terry, 2021). Eksempelvis laget jeg først et tema som jeg kalte *kreative elever trives*, men jeg innså at dette var et tynt tema (Braun & Clarke, 2022), som ikke åpnet opp for en veldig spennende diskusjon, og som var mer en oppsummering av datasettet. Etter at jeg hadde studert kodene og de innledende temaene, tegnet jeg et tematisk kart på ark, der jeg forsøkte å se sammenhenger mellom temaene for å skaffe en helhetlig forståelse av hva resultatene sier om problemstillingen. Alle kodene ble ikke inkludert, hvilket heller ikke trengs i refleksiv TA, da forskerens oppgave er å fortelle en bestemt historie om datasettet, ikke å tolke hele datasettet (Terry, 2021). For eksempel ga koden *brakte fagnotatet mye* lite fylde til problemstillingen, men ga heller mer praktiske implikasjoner for undervisning. Jeg forsøkte likevel å ikke ha en «spørsmål-svar-holdning» som kunne hindret meg i å se betydninger i dataene som ikke var umiddelbart åpenbare (Braun & Clarke, 2022). Etter hvert skrev jeg ned temaenes sentrale konsept og definisjoner, tolket hva de betyr for problemstillingen og valgte noe spesifikke manifesteringer av temaet i dataene. I denne fasen endte jeg opp med 5 innledende temaer knyttet til forskningsspørsmål 2 og 3: *ett bilde sier tusen ord, kreative elever trives, læring på elevenes premisser, fokus på fag versus fokus på kreativitet – kan det kombineres?* og *søker alternative forklaringsmetoder*.

Fase 4: Etter at jeg hadde utviklet de innledende temaene, gjennomgikk jeg alle temaene og undersøkte datautdragene og betydningen og bredden av temaet. Jeg så at jeg måtte gå tilbake til fase 2 for å kode flere av segmentene mer latent og detaljert for å skjønne hva kodene viste, slik at de kunne berike diskusjonen senere. Jeg endret for eksempel kodene *skriftlige analogier* og *muntlige analogier* til *analogier som hjelper* og *analogier som forvirrer*, og omplasserte datautdragene slik at de passet de nye kodene.

Jeg eliminerte ett tema; *creative elever trives*, fordi det var for tynt, som forklart over, og endret litt på temaenes definisjon og navn. *Ett bilde sier tusen ord* endret jeg til *Kraften i å kommunisere med bilder*, for å tydeliggjøre at disse bildene er både skriftlige og muntlige bilder. I tillegg flyttet jeg flere av kodene til andre temaer. For eksempel flyttet jeg *antropomorfisme* fra *Kraften i å kommunisere med bilder* til *Formidlingsstrategier*, fordi jeg oppdaget at elevene ofte tydde til antropomorfisme, eller menneskeliggjøring, når de ikke helt visste hvordan noe foregikk, og at det dermed kan kategoriseres som en formidlingsstrategi. Til slutt hadde jeg fire temaer som jeg kontrollerte ved å sjekke om (1) de inkluderte nok meningsfulle data som ga evidens til temaet, (2) dataene innenfor temaet var ulike og brede, og (3) om temaet formidlet noe viktig i forhold til problemstillingen (Braun & Clarke, 2022).

Fase 5: I den siste analytiske fasen samlet jeg de fire temaene med tilhørende koder og datasegmenter i en komplett tabell. Arbeidet med å navngi temaene fortsatte gjennom hele prosessen, og jeg endret temanavnene stadig vekk. I denne prosessen hadde jeg i bakhodet at temaene skal gi evidens for mine svar til problemstillingen, og at de ikke må kunne forstås uten forklaring (Braun & Clarke, 2022). Dermed trenger ikke navnene være åpenbare for leseren, men de kan implisere noe om betydninger i datasettet innenfor temaet. Tabell 7.4 nedenfor viser en oversikt over de endelige temaene med tilhørende koder og karakteristikkene for temaene.

Tabell 7.4: Endelige tema med tilhørende koder og temaenes karakteristikk.

Tema	Koder	Karakteristikk
Fantasifulle fremstillinger, analogier og adoptert språk	Analogier som bidrar til forståelse Analogier som forvirrer «Pynter seg med antigener»	Mange lagde fantasifulle fremstillinger i tegneseriene sine, og mange hadde fruktbare analogier, som viser god fagforståelse. I tillegg var det gjengående lite dialog og de hadde adoptert mye av språket, både muntlig og skriftlig fra fagnotat.
Antropomorfisme og fragmenterte forklaringer	Fragmenterte forklaringer Antropomorfisme	De fleste brukte antropomorfisme i tegneseriene sine, og forklaringsmåtene smettet over i deres muntlige forklaringer. I tillegg var noen forklaringer fragmenterte og reduserte.
«Vi ville heller fokusere på å gjøre det mer forståelig»	Formidle fag er viktigst Ønsker å fordype oss mer Liker å lære med visuelle virkemidler Liker å lage historier Lettere å tegne enn å skrive Liker å lære med visuelle virkemidler Liker å lage historier Gallerivandring er trygt og lærerikt	Noen elever var mest opptatt av å lage historier. Andre var mer opptatt av fagedetaljer og ville lage informative tegneserier. Alle var tydelige på at muntlige forklaringer uansett var viktig for å få vist sin kunnskap.
«Man måtte lese noe for å klare å skjønne hva man skulle tegne»	Valgmuligheter gir lite press Valgmuligheter gir økt press Skaper kunnskapsbehov Lettere å tegne enn å skrive Bruker spill-referanser Bruker humor	Oppleggets høye autonomi gjør at elevene får mange muligheter som kan oppleves både begrensende og berikende. I tillegg gjør det at kunnskapsbehovet kommer fra elevene selv, da de bestemmer hvilke fagelementer de vil fokusere på, og må lese om dem for å «klare å skjønne» hva de skal tegne.

8 Resultater – tegneserier og tema

I dette kapitlet presenteres først de fire elevproduserte tegneseriene med utgreiing basert på elevenes egne forklaringer. Deretter presenterer jeg to tegneserier til, som jeg valgte ut sent i prosessen, etter intervjuene var gjennomført. Jeg har derfor ikke intervjuet elevene som produserte disse to tegneseriene. Videre presenteres elevutsagn knyttet til forskningsspørsmål 1; fagforståelse. Til slutt presenteres de fire endelige temaene med tilhørende elevutsagn, tilknyttet forskningsspørsmål 2 og 3; formidlingsstrategier og elevopplevelser.

I motsetning til tradisjonelle vitenskapelige artikler, inkluderer jeg mine analytiske tolkninger, men diskuterer mer generelt og helhetlig på bakgrunn av tidligere teori i den generelle diskusjonen i kapittel 9. Jeg valgte å løse det slik fordi mye av diskusjonen og tolkningene mine ikke kan ses separat fra datamaterialet, og dermed unngå mye gjentakelse av data i diskusjonskapitlet.

8.1 Elevproduserte tegneserier

I det følgende presenteres en tegneserie fra hver av de fire kategoriene:

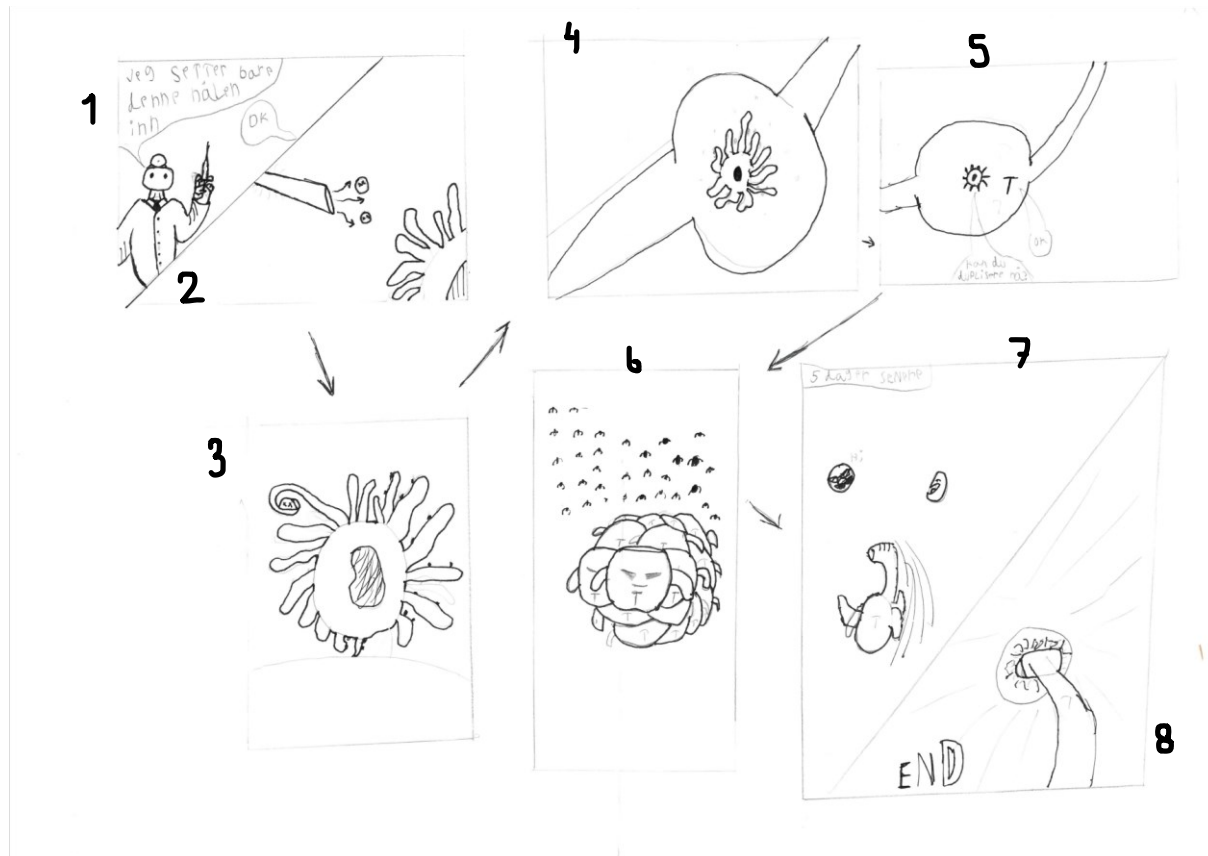
1. utydelig/kreativ
2. faktabasert/informativ
3. eventyr/historie
4. tydelig analogi

Deretter presenteres de to øvrige tegneseriene;

5. tydelig analogi
6. eventyr/historie

Av etiske hensyn har jeg gitt elevene pseudonymer for å ivareta informantenes anonymitet. Tegneseriene og pseudonymene har samme forbokstav som vedkommende sine tegneserier presenteres i. Det vil si tegneserie A er laget av «Anders», tegneserie B er laget av «Bea» og «Berit», tegneserie C er laget av «Carl» og tegneserie D er laget av «Dina» og «Dora».

8.1.1 Utydelig/kreativ



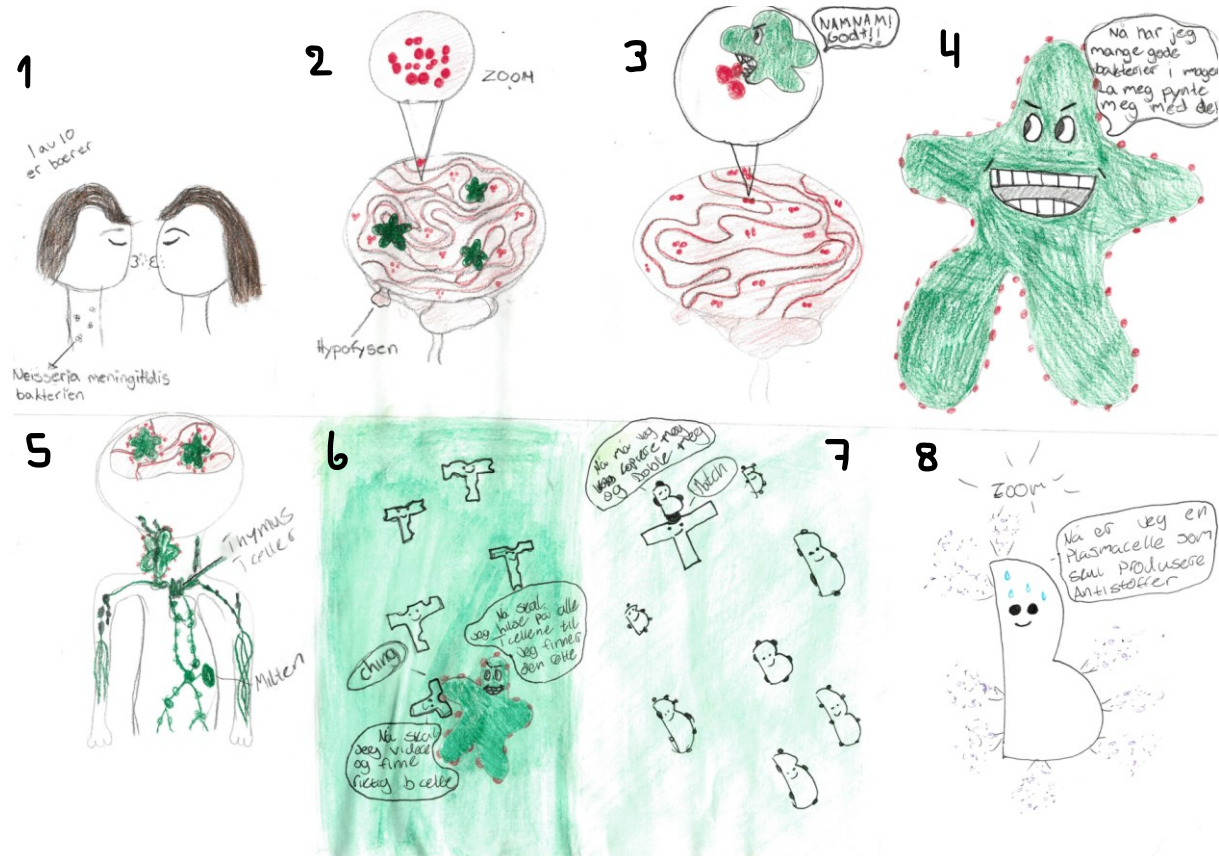
Figur 8.1: Tegneserie A. En lege gir en vaksine, og en dendrittisk celle plukker opp antigener fra vaksinen (panel 2 og 3). Dermed reiser cellen til en lymfeknute (panel 4) der den aktiverer en T-celle (panel 5), slik at T-cellen dupliserer seg (panel 6). Så «slår T-cellen bakteriene ut av parken» (panel 7 og 8). Jeg har nummerert panelene for enklere lesing.

Tegneserie A viser en lege som gir en vaksine, og en dendrittisk celle som plukker opp «døde bakterier» som kommer ut av vaksinen i neste panel (2). Dermed «ødelegger» den de døde bakteriene og plasserer dem rundt på «kroppen» (panel 3). Dette bruker cellen «som et slags skannekort», som den bruker for å si fra til T-cellen i lymfeknuten (panel 4 og 5) at den må duplisere. I neste panel (6) har det blitt «en armé av T-celler og B-celler [bak]». Dermed har eleven tegnet T-cellen som en «svinge-animasjon» (panel 7), som slår bakterien «ut av parken» (panel 8).

I sin forklaring av tegneserien brukte eleven «han» for å beskrive dendrittisk celle og «kropp» for å beskrive cellemembran. Eleven sa også at vaksinen sprøytet inn «reseptorer eller døde bakterier» og sa senere at de «ikke er en vanlig celle som er snill».

Anders sin tegneserie ble plassert i kategorien «utydelig/kreativ». Dette fordi eleven har gjort noen kreative og frie grep som ikke har rot i virkeligheten, som for eksempel at T-cellene har ører (panel 6) eller at T-cellen får en slags arm som slår bakteriene «ut av parken» som eleven formulerte det (panel 7 og 8). I tillegg fremstår tegneteknikken som litt mystisk og kreativ, med svart/hvit tema, en lege uten munn og nese, og T-celle-duplisering som ser ut som en fiksjonsfigur (panel 6).

8.1.2 Faktabasert/informativ



Figur 8.2: Tegneserie B. Et par kysser og jenta blir smittet med bakterien *Neisseria meningitidis*. Dermed ser vi en dendrittisk celle som spiser bakteriene, bryter dem ned og «pynter seg med antigen-fragmentene» (panel 4). Panel 5 viser en kropp og dens lymfesystem, og i panel 6 ser vi den dendrittiske cellen som «finner den rette T-cellen» og bruker fragmentene for å aktivere T-cellene. Dermed aktiverer T-cellen en B-celle med «match» (panel 7), og B-cellen kopierer og dobler seg og sier «Nå er jeg en plasmacelle som skal produsere antistoffer» (panel 8).

Tegneserie B viser store deler av immunforsvarets respons for å bekjempe bakterien *Neisseria meningitidis*. En bærer av bakterien kysser en annen (panel 1), som får en bakterieinfeksjon i hjernen (panel 2). Dermed spiser en dendrittisk celle bakteriene (panel 3) og «pynter seg med dem» (panel 4). Så reiser den via lymfesystemet til en lymfeknute (panel 5) og «hilser på mange forskjellige T-celler for å finne den rette» (panel 6). Når den gjør det, finner T-cellen «den riktige» B-cellen, som da «dobler og kopierer seg» (panel 7) og blir en plasmacelle som skal produsere antistoffer (panel 8).

Bea og Berit sin tegneserie ble tilvalgt kategorien «faktabasert/informativ», fordi den viser mange av immunforsvarets oppgaver. Den er veldig direkte og tydelig, og tar seg lite kunstneriske friheter. T- og B-cellene er tegnet som store T- og B-bokstaver, så det er lett å skjønne at de er T- og B-celler. De har med ekstra informasjon, som hva bakterien heter, og at bakteriene befinner seg i halsen hos bærere (panel 1). De har til og med skrevet at 1 av 10 er bærere (panel 1). I tillegg viser de at det først er når bakterien infiserer hjernen at det settes i gang en immunrespons (panel 2 og 3). De har også fått med en illustrasjon av selve lymfesystemet med Thymusen/brisselen (der T-celler produseres) (panel 5), og de viser at antigen-fragmentene passer perfekt i et hull på T-cellens overflate (panel 6). Til slutt har de vist at når B-celle aktiveres vokser den og modnes til en plasmacelle som produserer antistoffer (panel 7 og 8).

8.1.3 Eventyr/historie



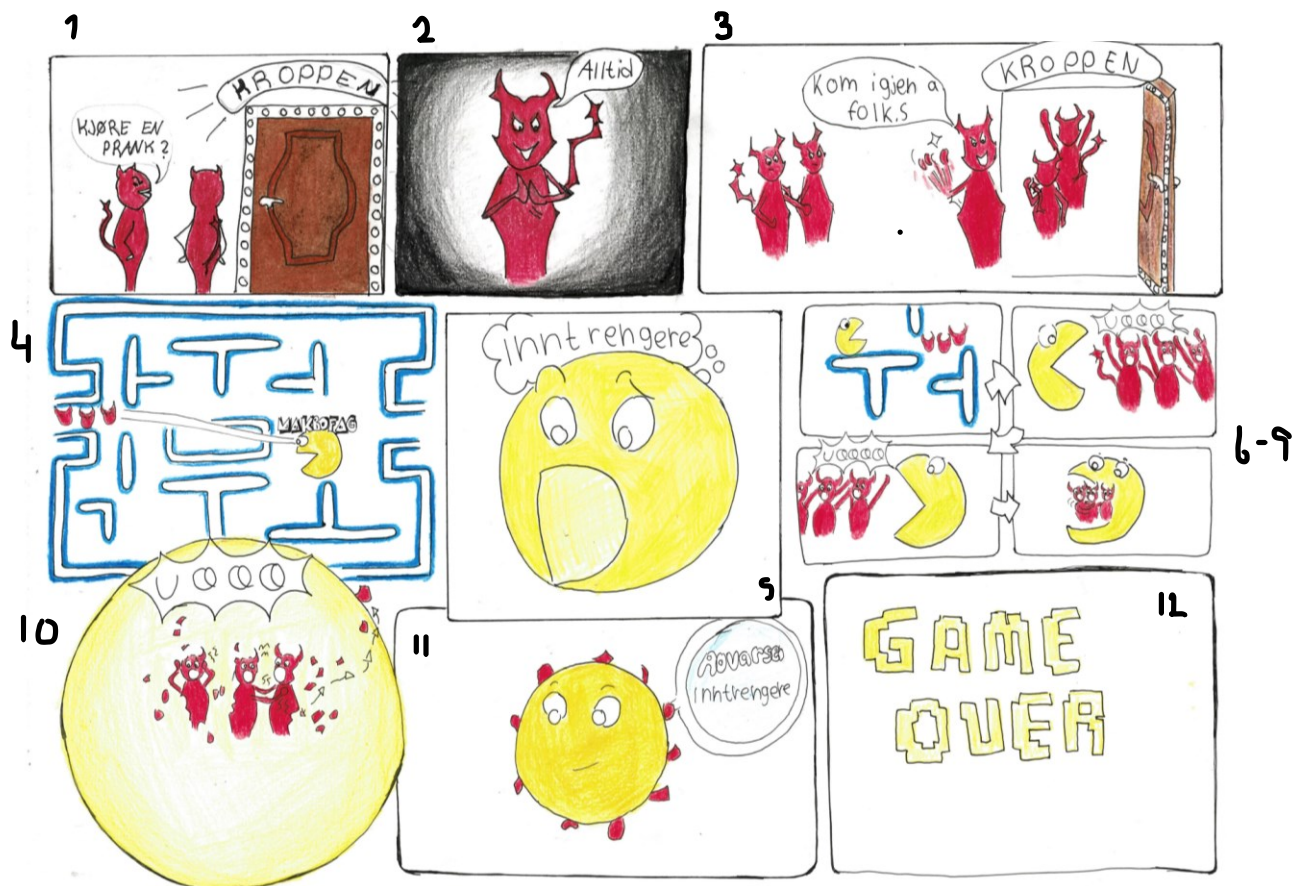
Figur 8.3: Tegneserie C. En dendrittisk celle står og venter på T-banen til «Lymfeknutene» med den beskjed i hånda (panel 1). Det er sprekker i vegg ved doen, som tyder på at bakterier er på veg inn i kroppen (panel 1). Cellen rekker T-banen (panel

2), og kommer til DAI (det adaptive immunforsvaret) (panel 3). Der er T- og B-cellen, som han leverer beskjeden til (panel 4). Oppdraget er da fullført (panel 5). Eleven har selv nummerert panelene.

Tegneserie C handler om reisen til en dendrittisk celle til det adaptive immunforsvaret. I panel 1 er det en sprekk i veggen ved doen, slik at «bakterier kommer seg inn». «Hovedpersonen» (en dendrittisk celle) må derfor «komme seg til T- og B-cellen for å levere en viktig beskjed» (panel 1). Vi ser at t-banen som går til Lymfeknutene kommer om ett minutt (panel 1). Cellen reiser så med T-banen (panel 2) til «DAI», det adaptive immunforsvaret (panel 3). Der leverer han beskjeden til T- og B-celler (panel 4), og oppdraget er utført (panel 5).

«Carl» sin tegneserie tilfaller kategorien «eventyr/historie», da eleven har satt en dendrittisk celle i en helt annen kontekst, og laget en historie med virkemidler som ikke egentlig tilhører immunforsvaret, som T-banen (lymfesystemet), papir-beskjed (antigener/reseptorer) og sprekk i veggen (infeksjon). Eleven har gjort noen morsomme knep, som å plassere «hovedpersonen» (dendrittisk celle) på T-banen, som fører cellen til akkurat T-cellene. I tillegg heter stoppet der cellen skal av «Lymfeknutene» der det er tagget «DAI», fordi det adaptive immunforsvaret består av T- og B-celler, som befinner seg i lymfeknutene våre. Papir-beskjeden hoved-cellen har i hånden er informasjon den gir til T-cellen, hvilket i kroppen er antigener dendrittiske celler har lokalisert på celle-overflaten, og som T-celler med kompatible reseptorer aktiveres av. Eleven har også inkludert tegninger som beriker illustrasjonene, «bare for å ha litt detaljer og sånn tag, da». For eksempel har hoved-cellen hår som ligner på flammer, og vi finner detaljer som en kjele, vaskebøtte, stolpe med spindellev og andre personer/celler.

8.1.4 Tydelig analogi



Figur 8.4: Tegneserie D. Noen djevler (antigener) står å spekulerer på om de skal «kjøre en prank» (panel 1 og 2), og går inn døra til kroppen (panel 3). Der havner de i et slags «pac-man»-spill, der en makrofag-celle er en pac-man som får øye på djevlene (panel 4), og blir bekymret (panel 5). Dermed klarer makrofagen gjennom spill-banen å sluke djevlene (panel 6-9), som brytes ned (panel 10). Til slutt har makrofagen «pyntet seg» med antigenene, og advarer andre immunceller (panel 11). Game over (panel 12).

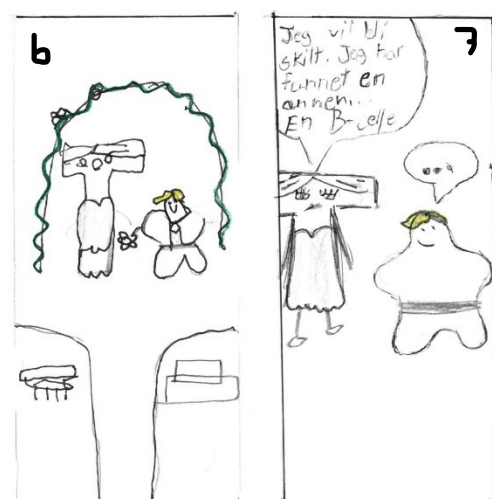
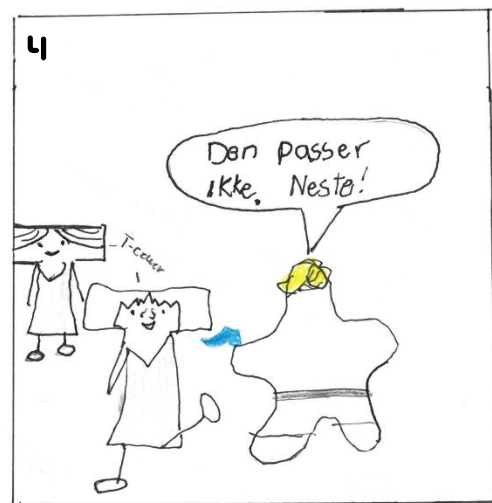
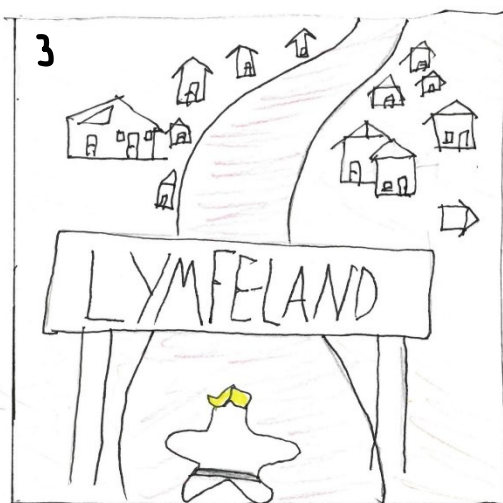
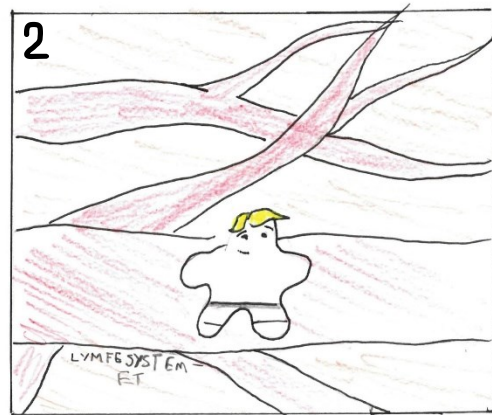
Tegneserie D handler om «den første [immuncellen] som reagerer i immunforsvaret», nemlig makrofagen. Antigenene er djevler som går «inn i kroppen, som en stor dør» (panel 1-3). Der havner de i et slags Pac-man-spill, med en makrofag-celle som Pac-man. Den får øye på djevlene (panel 4), blir bekymret for «inntrengerne» (panel 5), og jager dem gjennom banen helt til den får slukt dem (panel 6-9). Dermed brytes bakteriene ned (panel 10), og «kommer utenfor» makrofagen som da advarer om inntrengere (panel 11). Så er det «game over» (panel 11), men «det blir jo ikke helt game over enda da», før djevlene er helt bekjempet.

Jeg plasserte «Dina» og «Dora» sin tegneserie i bunken med sjangeren «tydelige analogier», da de har brukt en ganske klar analogi til interaksjonen mellom makrofager og antigener ved infeksjon. Bakterier som djevler og inntrengere er en nokså vanlig sammenligning, og makrofager som Pac-man er heller ikke en helt ubrukt analogi, nettopp fordi den passer så bra. Pac-man sluker jo prikker, slik en makrofag sluker patogener. Forskjellen er at makrofagen i tillegg bryter ned og «pynter seg» med bakteriene, slik Dina og Dora har fått med. Ikke bare er analogien tydelig og passende i seg selv, men den kommer tydelig frem gjennom store, klare tegninger med passende farger og detaljer og ansiktsuttrykk. For eksempel kommer det tydelig frem at makrofagen er bekymret i panel 5, at antigenene har onde planer i panel 1-3, og at de er

redde i panel 7-10. De har også med noe dialog som gjør at det er lettere å henge med på hva som skjer.

8.1.5 Øvrige tegneserier

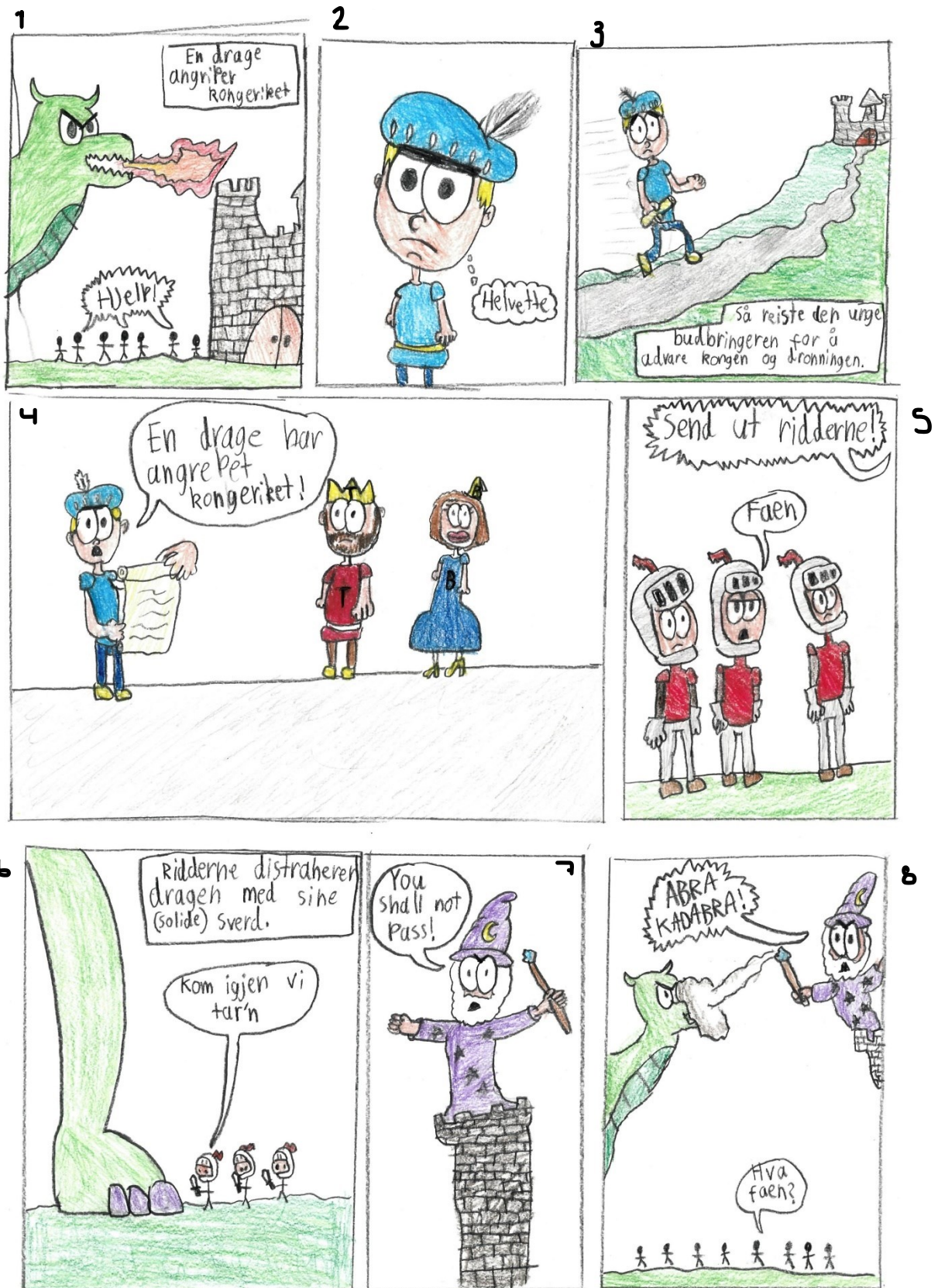
I tillegg til disse fire tegneseriene drar jeg inn to andre tegneserier: én i kategorien «tydelig analogi» (tegnserie E, figur 8.5) og én fra «eventyr/historie» (tegnserie F, figur 8.6). Disse ble valgt for å vise bredden i disse to kategoriene samt viktigheten av dem, da det var flest tegneserier i disse to kategoriene. De tilfører også mer fylde og nyanserte drøftinger i diskusjonen.



Figur 8.5: Tegneserie E fra kategorien "tydelig analogi". Øvrig tegneserie produsert av elever som ikke deltok i intervju.

Tegneserie E viser en slags kongelig figur (makrofag) som ber en «dendritt» om å «finne den rette T-cellen». Dermed reiser «dendritten» via lymfesystemet til lymfeland, og prøver skoen på en T-celle, men skoen passer ikke. I neste panel (5), finner «dendritten» en T-celle som passer skoen, og i neste panel gifter de seg (6). Til slutt meddeler T-cellen at den vil bli skilt fordi den har funnet en annen, en B-celle (panel 7).

Tegneserie E ble tildelt kategorien «tydelig analogi» på grunn av sko-analogien som er hovedhandlingen i historien. «Dendritten» prøver å finne en slags T-celle-prinsesse som passer skoen, slik dendrittiske celler prøver å finne T-celler som «passer» antigenene på overflaten sin.



Figur 8.6: Tegneserie F fra kategorien "eventyr/historie". Øvrig tegneserie produsert av elever som ikke deltok i intervju.

Tegneserie F ble tildelt kategorien «eventyr/historie» da det er en klassisk eventyr-lignende plott med konger, dronninger og drager. Cellene er «maskert» som konger, dronninger, trollmenn, riddere, og drager. Dragen (bakterien) angriper kongeriket (kroppen, panel 1), og budbringeren (dendrittisk celle, panel 2) varsler kongen og dronningen (T- og B-cellen, panel 3 og 4), som sender riddere (antistoffer, panel 5) for å bekjempe dragen (panel 6). Dermed kommer en trollmann (makrofag), og stopper dragen med en tryllestaven sin. Forklaringen er basert på elevenes egen forklaring som ble gitt under gallerivandringen.

Tegneserier har noen gode sammenligninger, som for eksempel budbringeren som bringer bud om faren som har ankommet kongeriket. Dette er en god sammenligning med dendrittiske celler, som jo varsler T- og B-celler om infeksjoner. Slik sett er dette en analogi, der det trekkes en sammenligning fra to konsepter. Jeg har likevel valgt å plassere tegneserien innunder «eventyr/historie», fordi tegneserien ikke baserer seg rundt én nokså tydelig analogi, slik som tegneserie D (figur 8.4) og E (figur 8.5), men har et gjennomarbeidet eventyr-plott med en tydelig historie.

8.2 Fagforståelse – forskningsspørsmål 1

Jeg kodet fagforståelse elevene uttrykker deduktivt, basert på rammeverket til Ghazal og Hokayem (2023), som viser til tre ferdigheter som kreves for å forstå kroppslige systemer: funksjon, interaksjoner og mikro/makro-relasjoner. Under intervjuet ble elevene spurt om hva de kunne i forhold til hver av disse ferdighetene, henholdsvis intervju spørsmål 4 og 5, 6 og 7 og 8 (vedlegg 1), hvilket ga meg et innblikk i hvordan de forstår immunsystemet som helhet. Videre gjengir jeg elevutsagn som illustrerer deres kunnskap innenfor hver av de tre ferdighetene.

Funksjon.

For å finne ut hvilke funksjoner elevene kunne noe om spurte jeg hvilken funksjon immuncellene i tegneseriene deres hadde, og dermed om de visste om noen andre immuncellers funksjoner, henholdsvis spørsmål 4 og 5 i intervjuguiden (vedlegg 1). Elevene flest kunne fortelle både om makrofager og dendrittiske cellers funksjoner og arbeidsoppgaver i bekjempingen av bakterier. Særlig hadde de fått med seg at dendrittiske celler bryter ned og pynter seg med bakterier eller antigener:

Bea: Dendrittene er jo den som tar den fra hverandre, bakterien. Og så pynter seg med den. De bruker sånn... De bruker en slags arm og så tar de dem inn og spiser dem. Og fordøyer dem liksom.

Vi ser først og fremst at eleven, i likhet med alle de andre informantene, sier dendritten, og ikke dendrittisk celle som er dens egentlige navn. Dette var en språkbruk som raskt spredte seg i klasserommet, og som jeg ikke var helt bevisst på å synliggjøre for elevene. Ordvekslingen er uheldig og kan skape forvirring, da dendritter er strukturer som tilhører nerveceller. Bea forklarer at dendrittiske celler «tar bakteriene fra hverandre», hvilket jeg tolker som at hun mener at bakteriene brytes ned. I tegneserien er denne nedbrytnings-fasen hoppet over, så det er ikke så lett å se om hun har skjönt at det er et viktig steg. Videre sier hun at T-cellen «pynter seg med» bakteriene, hvilket er et skriftlig bilde som jeg brukte i fagnotatet og på tavle-gjennomgangen helt i starten av undervisningsopplegget. Eleven har med andre ord adoptert uttrykket. I realiteten blir

de nedbrutte bakterie-fragmentene fraktet til overflaten av cellene og lokalisert på overflate-reseptorer, men det nevner elevene (forståelig nok) ikke noe om.

I tillegg forklarer Bea at de dendrittiske cellene «bruker en slags arm» for å ta inn bakteriene og spise og fordøye dem. Dette begrepet er også adoptert fra fagnotatet der det står at makrofagene (som gjør det samme) «drar seg selv ut og lar armene vokse for å få tak i antigenene». Her viser hun både at hun har lest fagnotatet godt, at hun husker billedlige beskrivelser, og at hun forstår at dendrittiske celler fungerer likt som makrofager når de tar opp antigener.

Noen elever nevnte en annen viktig funksjon dendrittiske celler har; å varsle det adaptive immunforsvaret om en infeksjon, slik Carl forklarer:

Carl: Dendrittens funksjon er å sende ut beskjeder kan du si da, til de forskjellige cellene. Så at de kan bygge opp immunforsvaret hvis det skjer en fare. Og dendritten sender jo da beskjed til T-og-B-cellene, for eksempel, som det viser seg her i historien.

Først og fremst ser vi at Carl også har forkortet dendrittiske celler til «dendritt». Hvorvidt denne forkortelsen er bevisst eller ubevisst er jeg usikker, men til og med jeg kan ha sagt det ved et par anledninger, da det ble en tendens og forenkling de fleste fulgte. Han sier at deres funksjon er å sende ut beskjed til de forskjellige cellene, hvilket er en veldig viktig funksjon dendrittiske celler har. Tegneserien til Carl handler om akkurat denne funksjonen, da en dendrittisk celle med flammehår tar T-banen til det adaptive systemet. Tegneserien inneholder ikke andre faglige komponenter, og da jeg spurte eleven hvilke andre funksjoner dendrittiske celler har sa han at han ikke visste. Likevel er dette en veldig viktig funksjon, da det er selve broen mellom det medfødte og det adaptive immunforsvaret. Eleven viser også at han vet at det er T- og B-celler som utgjør det adaptive forsvaret. At «de bygger opp immunforsvaret» er noe upresist og vagt; cellene dupliseres når de blir aktivert av dendrittiske celler, og bidrar til å eliminere bakterieinfeksjonen.

Dina og Dora forklarer i tillegg funksjonen til makrofag-celler;

Dora: ...når makrofagen har spist [bakteriene], så blir de brutt opp og kommer utenfor.

Dina: Makrofagen pyntet seg med bakteriene.

De forklarer at makrofager gjør det samme som dendrittiske celler; bryter ned bakterier og «pynte[r] seg med bakteriene». Det er dette handlingsforløpet de har illustrert i tegneserien sin, der makrofagen er en pac-man og bakteriene er djevler som svelges av pac-man-figuren.

Interaksjoner.

For å finne ut av elevenes kunnskap spurte jeg om «hvordan de ulike interaksjonene dere har avbildet faktisk foregår i kroppen» og om de vet om «noen andre interaksjoner som foregår i immunforsvaret, som ikke fikk plass i tegneserien deres» (intervjuspørsmål 6 og 7, henholdsvis, vedlegg 1). I kapittel 5.2 oppførte jeg de relevante interaksjonene for opplegget; dendrittiske cellers reise til lymfeknutene og aktivering av T- og B-celler, hvordan dendrittiske celler og makrofager bryter ned bakterier, duplisering av T- og B-celler og reseptor-aktivering. Jeg forklarte også at sistnevnte mekanisme ikke ble forklart under gjennomgangen eller i fagnotatet, men at flere elever var opptatt av og spurte om

hva reseptorer egentlig er og hvordan de brukes til å aktivere andre celler. Bea nevnte eksempelvis begrepet under intervjuet:

Bea: Når den finner den rette T-cellen via en reseptor...

Hun forklarer at dendrittiske celler finner «den rette T-cellen via en reseptor», men gir ingen inngående forklaring på hva en reseptor er eller hvordan reseptoren er involvert. Bea var en av elevene som var opptatt av detaljer, og gjerne ville vite mer enn det som ble forklart i fagnotatet. Resultatet var at hun fikk med seg detaljer som ikke var forventet. Det er også verdt å merke seg at hun bruker «den rette» for å beskrive T-cellen som har en reseptor med overensstemmelse med bakteriefragmentene på den dendrittiske cellens overflate. Ordbruken er dermed noe forenklet i forhold til hva som står i fagnotatet.

I tillegg til reseptorer hadde de også fått med seg at plasmaceller reiser via blod (og ikke lymfesystemet som andre immunceller gjør), og at T-celler lages i brisselen (thymusen):

Bea: [...] plasmaceller reiser jo via blod eller noe. ... og at det ble laget i thymusen, T-celler og alt det der.

Denne informasjonen fant de ved å spørre meg og søke opp på internett med min veiledning. Gruppen var generelt opptatt av slike detaljer, og tegnet det også i tegneserien sin (figur 8.2)

En annen viktig interaksjon er at dendrittiske celler aktiverer T-celler som er spesifikke til bakterietypen som har infisert kroppen. Dette beskriver Dina:

Dina: Og så finner den [dendrittisk cellen] en T-celle som liksom.. for den her bakterien da, som er innvandret i kroppen. Og så multipliserer den seg mange ganger. Og så går den til den B-cellen som hører sammen med T-cellen. For de er et par.

Dina beskriver i tillegg at T-celler multipliserer seg som følge av interaksjonen med dendrittiske celler, men ikke hvorfor. Hun beskriver det som et hendelsesforløp uten å forklare hva som skjer imellom, selve forklaringen på hvorfor det neste skjer. Basert på denne forklaringen viser hun derfor ikke at hun forstår mekanismene bak de ulike hendelsene, og dermed hvordan immunforsvaret fungerer, men heller at hun har lært seg hvilke hendelser som skjer, og rekkefølgen på dem. Videre forklarer hun at T-cellen går til B-cellen som den hører sammen med og at de er et par. Hun sier om ingenting om aktivering, som at T-celler aktiverer B-celler og at dendrittiske celler aktiverer T-celler, slik som Bea beskrev.

Mikro/makro-relasjoner.

Av relevante mikro/makro-relasjoner, nevnte jeg i kapittel 5.2 at vaksiner sprøyter inn antigener (bakterier) som setter i gang en immunrespons, som fører til produksjon av T- og B-hukommelsesceller, og dermed immunitet. Jeg spurte hvordan det vi har snakket om kan kobles til hjernehinnebetennelse-vaksinen i intervju spørsmål 8. Dette forklarer Anders i korte trekk:

Anders: Vaksiner, fra det jeg har forstått generelt, er at de har en død bit, eller nesten helt død bit, eller celler, som bakterier, som coronaviruset for eksempel. Jeg vil nok forvente at det var litt sånn, jeg har ordnet det her på en måte da,

der dendritten kommer hit og på en måte bryter ned og tar det bort til lymfeknuten, og så plutselig er det T-celler, og sånn fungerer det.

Anders trekker inn coronaviruset, og kobler dermed på kunnskap han har fra tidligere. Han beskriver at vaksiner inneholder døde biter av bakterier, slik jeg tolker det, selv om jeg forklarte at vaksinene inneholder antigener, som er bakterienes overflatemolekyler og fungerer som kjennetegn på bakterietypen. Derfor tolker jeg det dit hen at eleven ikke nødvendigvis har assimilert gammel og ny kunnskap, men kun kobler på gammel kunnskap han innehar. Videre beskriver han at T-cellene «tar det bort til» lymfeknuten, altså at de reiser til lymfeknuten med disse døde bitene, hvilket jeg antar som nylig lært kunnskap, da det er nokså spesifikke mekanismer og ikke allmenn kunnskap. At det «plutselig» er T-celler vitner om lite forståelse for cellenes mekanismer, men til tross lite presis forklaring viser han en helhetlig forståelse for at vaksiner fører til produksjon av T-celler, som er mer enn mannen i gata vet. Det er også dette scenarioet eleven har illustrert, så en kan anta at det er dette hendelsesforløpet han kjenner best til.

Bea forklarer det samme hendelsesforløpet på en litt mer faglig måte:

Bea: En vaksine kan jo gjøre deg immun, på en måte. De sprøyter inn en svekket bakterie. [...] og så da... etterpå er det jo...for det er det adaptive immunforsvaret. Så er det igjen noen slike T- og B-celler, som på en måte vet hva skal gjøre for å håndtere dem en gang, hvis bakterien kommer.

Hun bruker blant annet ord som «immun» og «det adaptive immunforsvaret», og forklarer at vaksiner fører til produksjon av hukommelsesceller, eller T- og B-celler som blir igjen og som «vet hva de skal gjøre for å håndtere dem». Dette er en god forklaring på hukommelsesceller, som er T- og B-celler som blir igjen i kroppen etter at infeksjonen er bekjempet, og er klare for å angripe bakterien hurtig og kraftig ved en eventuell reinfeksjon. Dermed viser Bea at hun vet hva hukommelsesceller er selv om hun ikke bruker begrepet. Eleven viser god forståelse for hvordan noe som skjer på makro-nivå; vaksiner, henger sammen med det som skjer på mikro-nivå; dannelse av B- og T-hukommelsesceller.

Misoppfatninger.

I tillegg til de tre ferdighetene over kom det fram ulike misoppfatninger og usikkerheter elevene uttrykte. Blant annet viste det seg at en elev ikke hadde forstått at T-celler (og for så vidt alle andre immunceller) er hvite blodceller:

Anders: Jeg vet ikke helt hvordan T-celler angriper forskjellige celler, men jeg vet hvordan hvite blodceller gjør...

Anders har nok tidligere hørt om hvite blodceller, og kanskje at de er «kroppens politi», som er en vanlig måte å snakke om immunforsvaret når det introduseres hos barn. Ved å si at han vet hvordan hvite blodceller angriper celler, men ikke hvordan hvite blodceller gjør viser han at han ikke vet at T-celler jo er hvite blodceller. Da jeg opplyste han om dette svarte han at «det visste jeg ikke helt», så det er tydelig at eleven ikke har assimilert gammel og ny kunnskap. I undervisningen nevnte jeg verken hvite blodceller eller brukte «kroppens politi» som analogi, etter hva jeg kan erindre.

Elevene hadde forskjellige forklaringer på hva vaksinen inneholdt, og det ble nevnt både døde bakterier, reseptorer og virus. Det er for så vidt ikke feil at vaksiner generelt kan inneholde både døde bakterier og virus, men hjernehinnebetennelse-vaksinen inneholder antigener (bakterienes overflate-molekyler), slik jeg forklarte i timen og i notatet elevene

fikk. Likevel virker det som noen elever tviholder på sin tidligere kunnskap. Carl svarte dette da jeg spurte hvordan vaksiner fungerer, og presiserte at han gjerne måtte beskrive vaksinen for smittsom hjernehinnebetennelse spesifikt:

Carl: Vaksinen fungerer sånn at du sprøyter inn i litt av viruset først, sånn at [immuncellene] kan da bekjempe og finne ut svakheten til selve viruset, og når viruset kommer så vet de da hvordan de skal angripe det.

Han beskriver her en virus-vaksine, uten at han forklarer hvorfor han trekker inn virus. Gjennom intervjuet veksler han mellom virus og bakterier, uten å spesifisere hvorfor eller forklare forskjellen. Senere i intervjuet snakker han først om bakterier, også om virus i neste setning, som om det er det samme. Han blander begrepene på en slik måte at jeg antar at han ikke er bevisst på at det er en betydelig forskjell mellom de to patogenene, både i vaksineringsmetoder, immunrespons og sykdomsforløp. I tillegg sier han at immuncellene kan finne ut svakheten til viruset, hvilket gir et inntrykk av at ulike virus har ulike svakheter som bare må finnes, og dermed kan bekjempes.

En annen misoppfatning som dukket opp var at makrofager er ubrukelig i bekjempelsen av *virus*:

Anders: ...i det store spillet er makrofag litt mer, ikke ubrukelig, men ubrukelig når det kommer til å bli kvitt dette viruset. De bare plukker det [antigenene] opp og bruker det på seg selv...

Anders hevder at makrofagene er ubrukelige fordi de bare plukker opp antigene og «bruker det på seg selv». Med det siste refererer han antakeligvis til at makrofagene pynter seg med antigenene, som andre elever har snakket om. I tillegg ser vi at Anders også bruker begrepene virus og bakterier om hverandre, og svarer på bekjempelse av virus selv om vi i utgangspunktet snakket om bakterier. Utsagnet i seg selv er imidlertid feil da makrofagene rolle er svært viktig i bekjempelsen av virus (og bakterier), fordi de er de første immuncellene som møter viruset og ufarliggjør dem ved å svelge dem og bryte dem ned. De pynter seg heller ikke med det nedbrutte viruset (eller bakterien) uten grunn; på den måten rekrutterer de andre substanser og celler til infeksjonsstedet som bidrar til å eliminere patogenene. Dermed viser Anders en begrenset forståelse og misoppfatning angående makrofagene rolle i dette utsagnet.

8.3 Formidlingsstrategier og elevenes opplevelser – forskningsspørsmål 2 og 3

Her presenterer jeg alle de endelige tema, som jeg mener fanger viktige betydninger i forhold til problemstillingen. Temaene er tilknyttet forskningsspørsmål 2 og 3; «hvordan formidler elevene sin fagforståelse muntlig og gjennom tegneserien» og «hvordan opplever elevene arbeidsmetoden for å lære i naturfag», men har en naturlig sammenheng med hvilken fagforståelse de uttrykker (forskningsspørsmål 1).

Det er totalt 4 temaer:

- Fantasifulle fremstillinger, analogier og adoptert språk
- Antropomorfisme og fragmenterte forklaringer
- «Vi ville heller fokusere på å gjøre det mer forståelig»
- «Man måtte lese noe for å klare å skjønne hva man skulle tegne»

Fantasifulle fremstillinger, analogier og adoptert språk

Mange tegneserier illustrerte en sekvens av immunforsvaret gjennom analogier, enten egenutviklede eller lånte analogier. Dette var en slags forenkling som hjalp noen elever å kombinere fagteori med det estetiske arbeidet. Eksempelvis valgte Dina og Dora å bruke en pac-man-analogi blant annet fordi det var enkelt å tegne (figur 8.4):

Dina: ...vi kom opp med ideen om at pac-man på en måte kunne vært makrofag. Også er det på en måte et scenario som ikke er så vanskelig å tegne. Du beskrev det jo som at den ble pyntet med det på en måte.

For Dina og Dora var en slik forenkling et viktig valg for at de skulle lykkes i å presentere tegneserien sin på en estetisk måte. Jeg forstod det som at de var veldig opptatt av akkurat dette; å gjøre tegneserien estetisk flott, men samtidig ikke gå på bekostning av faget. Når de fant denne analogien ble det derfor en viktig forenkling som gjorde dem i stand til å ivareta begge disse ønskene. I tillegg adopterte de det skriftlige bildet fra fagnotatet som beskriver at makrofagene pynter seg med antigener.

Elevene brukte analogier både når de snakket og tegnet, noen ganger til god nytte, slik som Dina og Dora's pac-man-tegneserie, mens andre ganger er analogiene kanskje mindre hensiktsmessige. Anders forklarte at dendrittiske celler bruker antigener på samme måte som et nøkkelkort («keycard»/«skannekort») for å varsle det adaptive immunforsvaret:

Anders: Og når dendritten plukker [bakterien] opp, så på en måte disassembler han, eller bare ødelegger den, og plasserer den rundt på kroppen. Det kan han bruke som på en måte et sånn her keycard, et sånt skannekort.

Denne analogien passer nokså godt, da skannekort jo åpner en dør, som kan sammenlignes med at dendrittiske celler aktiverer T-celler. Analogien forklarer dog noe som kunne blitt sagt like enkelt – at T-cellen aktiverer cellen – den gir ikke noe mer forklaring på hvordan aktiveringen faktisk skjer (via bakterie-fragmenter på kompatible overflate-reseptorer). Slik sett er dette kanskje ikke en analogi som er nødvendig og som bidrar til bedre forståelse, det er mer en annen måte å si noe like enkelt på. På den andre siden virker dette som en egenlaget analogi, og som viser til at antigenfragmentene må passe slik at aktiveringen av T-cellene kan skje.

Et eksempel på en analogi som bidrar til forståelse er Dina og Doras pac-man, som beskrevet tidligere, men her gis et utsagn som forklarer grundigere hvordan de har tenkt:

Dina: Da har vi valgt å illustrere det som disse bakteriene, eller antigene, som små djevler. Makrofagen har vi tenkt oss som en pac-man. Når de kommer inn i kroppen, så er det en rute med at den pac-man-banen, som kan være hjernen eller tarmen, der makrofagen registrerer at det har kommet noen inn i systemet, på en måte. [...] [Makrofagen] spiser, den sluker til seg, det er sånn den [pac-man] gjør i spillet også.

Både bakterier som djevler og makrofag som pac-man er vanlige analogier å bruke, og er derfor lett å vurdere som gode analogier. De gir mening fordi sykdomsfremkallende bakterier jo er negative (onde) for oss, og pac-man svelger brikker hele slik makrofager svelger bakterier og antigener hele. Videre har de sammenlignet hjernen og tarmen med pac-man-banen de har tegnet, hvilket kun gir halvveis mening da bakterien infiserer hjernen, ikke tarmen. Den kan eksistere i halsen uten å fremkalle sykdom, men den eksisterer ikke i tarmen. Dermed er det nærliggende å tro at dette enten er en

sammenligning Dina kommer på i farten, eller at de er av den oppfatning at bakterien infiserer tarmen. Uansett stemmer det at det er makrofagen som registrerer at bakterien har kommet seg inn i systemet og at den sluker bakterier, slik også pac-man gjør. Derfor har jeg kodet dette som en analogi som bidrar til forståelse, både for elevene som har produsert tegneserien selv, og for leseren som skal prøve å forstå og lære noe om immunforsvaret.

Et eksempel på en muntlig analogi som kanskje ikke bidrar så godt til forståelse kommer fra Anders som skulle forklare funksjonen til T- og B-celler:

Anders: For det er jo ikke noe poeng i å gripe personen som allerede er død...la oss si du hører et mord skje, og så kommer det 30 politifolk rundt over hele byen, og starter å holde et større øye ut, slik at dette ikke skjer igjen. Sånn har jeg tenkt på det, som at de er de som du har som en beskyttere, de er som politi av kroppen, hvis du skjønner. Når de ser noen dårlige celler, som en bakterievirus eller noen reseptorer, så kommer de inn der og blir kvitt det.

Her virker det som at eleven sammenligner immunceller generelt med 30 politifolk som kommer for å undersøke et mord, og følger bedre med for at det ikke skal skje igjen. Han sier de er beskyttere og politi av kroppen, som «blir kvitt bakterieviruset». Dette er ikke nødvendigvis en upassende analogi, da det jo er ganske normalt å sammenligne immuncellene med politi. Problemet ligger mer i innpakningen, og at innholdet er noe overfladisk; den forklarer simpelthen at immunceller beskytter mot, og blir kvitt, infeksjoner. På den andre siden kan det være at eleven gir en god analogi til hukommelsesceller, som jo eksisterer videre etter en infeksjon, og reagerer raskere og hurtigere ved en eventuell reinfeksjon, altså at de «starter å holde et større øye ut».

Måten jeg har fremstilt teorien, med billedlig og relativt enkelt språk, kan også ha påvirket og inspirert elevene i formidlingsvalg, både skriftlig og muntlig. For eksempel har mange adoptert uttrykket «å pynte seg med antigener», og brukte det både i tegningene sine og under intervjuet, som vist tidligere. Carl syntes notatet var forklart på en enkel måte:

Carl: Jeg synes det [faglige notatet] var helt topp jeg! Hvor simpelt og komplisert det var. Det var en enkel måte å gjøre noe komplisert på. Det var på ungdomsskolevideregående nivå. Det var forklart på en enkel måte. Så det er mulig for alle å forstå.

Antropomorfisme og fragmenterte forklaringer

Elevene benyttet ulike forklaringsmetoder i tegningene sine og muntlig. Cellene ble ofte tilegnet antropomorfe egenskaper, altså menneskelige egenskaper, som bevissthet, kropp og skjønn. For eksempel ble det sagt at T-cellene «vet» hva de skal gjøre, slik Carl forklarer:

Carl: Vaksinen fungerer sånn at du sprøyter inn litt av viruset først, sånn at de da kan bekjempe og finne ut svakheten til selve viruset, og når viruset kommer så vet de da hvordan de skal angripe det.

Ord som at T-cellene «finner ut» og «vet» antyder at de har bevissthet og vilje, som er menneskelige, antropologiske trekk. Det kan tyde på flere ting; for det første at eleven egentlig vet at T-celler drives av andre mekanismer enn oss mennesker, men at han

mangler mer konkrete og vitenskapelige forklaringsmetoder. For det andre kan det være at han rett og slett tror celler fungerer og drives av de samme mekanismene som oss mennesker.

Av og til ble celler også omtalt med «han»:

Anders: Så på en måte skanner han inn disse reseptorene da. Da kan han si fra til T-cellen at man må duplisere denne type cellen... [...] den kommer inn som ikke er en vanlig celle som er snill og sånt da.

Her snakker Anders om dendrittiske celler som «han», og gir cellene dermed et kjønn, et antropologisk trekk. Videre «kan han si fra», altså sier cellen ifra til T-cellen at den skal duplisere seg. At T-cellen snakker er heller ingen vitenskapelig måte å beskrive hvordan celler fungerer på, men i visse situasjoner kan det være en kjent og enkel måte å forklare ulike mekanismer på. I tillegg gis celler personlighet, ved at de kan være snille, og dermed implisitt også ikke snille. Dette er ord Anders bruker for å forklare tegneserien sin (figur 8.1), og det kan derfor ikke uten videre konkluderes med at han mener cellene faktisk har disse attributtene i virkeligheten. På inngående spørsmål om hvordan dendrittiske celler faktisk overgir informasjon til T-cellen i virkeligheten svarer han at han var litt usikker, men at «når den kommer inn til lymfeknutene, så på en måte slipper den [en dendrittisk celle] av de [bakteriefragmenter], sånn at de [T-celler] kan plukke opp der og [...] kjenne til hva det er for noe». Selv om dette heller ikke er en veldig presis forklaring på hvordan dendrittiske celler aktiverer T-celler, så er det en mindre antropomorf forklaring der dendrittiske celler slipper av og T-celler plukker opp, hvilket er nærmere vitenskapelige forklaringsmetoder.

Klassen hadde generelt god kontroll på de ulike celletypenes funksjoner, men kom til kort når de skulle forklare hvordan interaksjonene foregår – drivmekanismene til cellene. Derfor ble mange interaksjoner redusert, og forklaringene noe fragmentert som for eksempel at «dendrittiske celler *gjør at* T-celler multipliserer seg», eller «*plutselig* er det T-celler», slik Anders forklarer:

Anders: ... dendritten kommer hit og på en måte bryter ned og tar det bort til lymfeknuten, og så plutselig er det T-celler...

Dette er en fragmentert forklaring, der eleven hopper over mange viktige steg og forklarer få drivmekanismer. Det kan hende at eleven følte at han hadde forklart det før så godt han kunne og at han derfor var lei av å forsøke å finne forklaringsmåter, og dermed tydde til den enkleste mulige forklaringen. Det må tydeliggjøres at jeg har en god relasjon til eleven, og at jeg ikke merket noe til en slik holdning under intervjuet, men det kan jo likevel være noe som var underliggende. Forklaringene tyder uansett på mangel på vitenskapelige forklaringsmetoder og begrenset forståelse for cellers drivmekanismer.

«Vi ville heller fokusere på å gjøre det mer forståelig»

Underveis i arbeidet oppdaget jeg at elevene hadde ulike mål og ønsker for prosjektet. Noen syntes fagteorien var viktigst, og ønsket å fordype seg mer, og å kjenne til flere detaljer om celler og molekylers struktur og drivmekanismer, slik Dina uttrykker:

Lærer: Føler dere at dere fikk vist hva dere kan gjennom tegneserien?

Dina: Ikke helt, egentlig.

Lærer: Nei? Hvorfor ikke?

Dina: Jeg er kanskje en sånn person som liker på en måte å kunne det sånn veldig... Eller, kan slike småting som... fordi da er det lettere for meg å se sammenhenger da. *Lærer: Ja, at du kan det på detaljnivå, liksom?*

Dina: Ja, sånn som selve oppbygningen og sånn. Jeg synes det er interessant.

Dina uttrykker at hun skulle ønske de kunne fordype seg mer og lære flere detaljer, blant annet om struktur. Slik detaljfokus utelot jeg bevisst, for å heller fokusere på immunforsvaret som en helhet, de ulike cellenes funksjoner og samarbeidet mellom dem. Det gir derfor mening at Dina savner detaljer, da det ville vært et naturlig neste steg dersom vi skulle ha fortsatt med temaet i undervisning. Dina sier at hun ikke føler gruppen fikk vist hva de kan gjennom tegneserien og forklarer dermed at hun savner flere detaljer, hvilket deres kommunikasjonsstrategi, analogi, i tegneserien ikke ga rom for. Analogier er jo i praksis forenklinger som med vilje utelukker visse detaljer til fordel for helhetlig forståelse. Det kunne derfor kanskje vært fordelaktig for Dina (og Dora) å tegne en mer informativ tegneserie, slik som blant andre Bea og Berit gjorde. Bea forklarer hva de fokuserte på i følgende utsagn:

Bea: Jeg føler meg ikke så flink på å lage tegneserier kanskje. Vi ville heller fokusere på å få det litt lett forståelig og litt mer faglig.

Bea forklarer at hun ikke føler seg så flink til å tegne, og at de derfor heller ville sette søkelys på fagstoffet. Likheten mellom Bea og Berit, og Dina og Dora er fokuset på fagstoff, men forskjellen er at Dina og Dora i tillegg ønsket å lage en estetisk tegneserie. Dette uttrykker ikke Bea og Berit at de var særlig opptatte av, hvis tegneserie ble kategorisert som informativ.

Dina og Dora har likevel formidlet fag via analogier i tegneserien sin, men fant inspirasjon til pac-man-analogien på internett, og brukte analogiene på en hensiktsmessig måte som viser at de har forstått fagkunnskapen. Elevene som uttrykker et stort fagfokus uttrykte også mye kunnskap utenom tegneseriene, og syntes det var viktig å få vist kunnskap de ikke hadde fått med i tegningene:

Dora: Da fikk man jo ord. Det var litt viktig, siden man fikk sagt mer om det man hadde laget tegneserie om.

Dina: Ja. Det var mange jeg ikke hadde skjønt uten forklaring.

I likhet med de andre informantene var det viktig for Dina og Dora å få muligheten til å forklare tegneserien sin og si mer om kunnskap de har som går utover det tegneserien viser. Tegneserien viser dermed ikke alt de kan, men er mer en representasjon av en del av kunnskapen deres. I tillegg sier Dina at det var viktig for å forstå andre sine tegneserier også, hvilket tyder på en interesse eller nysgjerrighet på sine medelevers arbeid.

Andre elever var mer opptatt av å tegne og lage historier, som Anders og Carl. Disse elevene var gjerne mindre opptatt av faglig korrekthet, og mer opptatt av å få muligheten til å være kreativ:

Anders: Jeg synes det er litt artigere når man kan tegne for å forklare en liten historie. For iblant er jo, som de sier, et bilde sier jo tusen ord. Så ja, jeg vil nok si at det var en mye mer artig og interessant vei å gjøre det selv på, hvis du skjønner hva jeg mener.

Anders uttrykker at han like å tegne og lage historier, hvilket antyder at han er opptatt av den kreative delen av arbeidet. Dermed gir det også mening at hans tegneserie (figur 8.1) ble plassert i kategorien *utydelig/kreativ*. Videre sier han at «et bilde sier [jo] tusen ord», og sier med det at det er mulig å fange mye kunnskap i en tegning. Til slutt henter han til at han synes det er morsommere og mer interessant å tegne enn å skrive, hvilket Carl er enig i:

Carl: Det er gøyere enn å sitte å skrive. Og gjøre noe fysisk.

Carl og Anders virker å være glade for muligheten til å være kreativ, og uttrykker et behov for å gjøre andre ting enn å «sitte å skrive».

I tillegg virker det som at disse elevene har fanget opp det meste av sin kunnskap i tegneseriene:

Carl: Ja, det [tegnserien] er jo mesteparten av det jeg kan om faget her.

Carl sier at tegneserien viser mesteparten av det han kan om faget, selv om den ikke er veldig informativ eller detaljrik. Dette tyder på at han har hatt mest fokus på utarbeidelse av historie og selve tegneprosessen, og mindre på fagstoff.

Elevene med mindre fokus på fag enn på historielaging lagde tegneserier som var noe vanskeligere å tyde, og krevde mer forklaring fra elevene. De var også mer selvstendige i arbeidsprosessen. Alle informantene uttrykte likevel at de likte å lære med visuelle virkemidler.

«Man måtte lese noe for å klare å skjønne hva man skulle tegne»

Arbeidsformen og oppleggets høye elevautonomi tilrettela for at elevene selv bestemmer tema, kategori og hvilke faglige og eventuelt ikke-faglige elementer de ville inkludere. Dina beskriver at hun synes det var en lite anstrengende måte å jobbe på:

Dina: Men jeg synes det var en veldig sånn lite anstrengende måte å jobbe på, som man lærte av, fordi man måtte lese noe for å klare å skjønne hva man skulle tegne, og hvordan det skulle gi mening.

Her setter Dina ord på noe viktig i forhold til læring: at kunnskapsbehovet kommer fra dem selv. De velger først selv hva de skal illustrere, og for å klare å tegne det slik at det gir mening må de finne ut av det. Så istedenfor at jeg forteller dem hva de skal lære, kommer det fra dem selv. Arbeidet skaper rett og slett et kunnskapsbehov, som kommer fra dem og ikke læreren. Anders beskriver også noe av det samme:

Anders: Jeg vil nok si at det var ganske viktig at jeg kunne forstå hva jeg skulle si. Fordi hvis jeg skulle starte å si ting som jeg ikke visste drit om, og ikke hadde noe i det, så ville det jo virkelig ha gått noen steder.

Her snakker han om sin egen tegneserie og fagstoffet han har valgt å illustrere, og at det var viktig å selv forstå dette godt. Dette samsvarer med Dinas utsagn om å forstå det man tegner. Anders sier videre at det hadde «gått noen steder» (gått dårlig) dersom han ikke hadde vist noe om det han hadde tegnet.

Elevene får med andre ord mange valgmuligheter, og kan sette sine egne premisser for sitt arbeid og sin læring. Disse valgmulighetene kan både begrense og berike elevenes opplevde handlingsrom. Flere elever, blant annet Dina og Dora, ble frustrert over oppgavens åpenhet, og syntes det var vanskelig å vite hvor man skulle starte, både rent arbeidsmessig og i tegneserien:

Dina: Det var vanskeligst å komme opp med en idé.

Dora: Ja, vi brukte litt tid på det først.

Dina: Ja, så var det vanskelig å vite hvor man skulle starte og hvor man skulle stoppe.

Samtidig kjente Dina på mindre press fordi de selv valgte nivået de skulle legge seg på:

Dina: Det var ikke så mye vi måtte forklare. Det spørres jo hvilket nivå du setter deg selv på, men når det er en forklaring av en tegneserie, så trenger man ikke å bli ekspert. [...] Det var liksom mindre pressure.

Dina synes at det ikke var så mye de måtte «forklare» av fagstoff når de skulle presentere tegneserien sin under gallerivandringen fordi de valgte en overkommelig mengde informasjon, som hun bekrefter senere i intervjuet. De kunne altså legge seg på ønsket nivå, og opplevde mindre press som følger av det. Dermed får eleven mer ansvar for egen læring, hvilket gir mulighet for at de kan lære på eget nivå, og avgjøre hvor mye de vil lære. Tidligere så vi også at Dina syntes det var viktig å forklare tegneserien muntlig for å vise sin fulle fagforståelse, hvilket kan forklares av hun synes at gruppen hennes inkluderte lite fagstoff i tegneserien sin.

Elevene fikk også være med å bestemme hvilken form den avsluttende presentasjonen skulle ha, og flesteparten var enige i at gallerivandring var det beste alternativet. Dermed ble også presentasjonen på elevenes premisser, hvilket blant annet Carl syntes var en god måte å lære stoffet enda bedre på:

Carl: ... jeg fikk lære meg forskjellige måter å forklare det på. Fordi jeg følte selv at jo flere ganger jeg gikk gjennom, jo mer visste jeg. Og jeg fikk tilbakemelding også, så bare visste jeg da.

Carl forteller at han gjennom å gjenta forklaringen sin lærte seg ulike forklaringsstrategier, og at han etterhvert skjønte stoffet bedre. I tillegg antyder han at det hjalp å få tilbakemeldinger, og at han «bare visste» til slutt. Jeg tolker det som at han skjønte fagstoffet bedre etterhvert.

Anders synes det også føles mye tryggere å presentere i form av gallerivandring:

Anders: Jeg synes nok at gallerivandring var mye bedre enn å presentere foran hele klassen. For tingen er at hvis du skal presentere foran hele klassen, så er det bare sånn du river av alle klærne da, hvis du skjønner hva jeg mener.

Han beskriver klassepresentasjoner som å rive av klærne, og impliserer dermed at gallerivandring føles mye tryggere.

Den høye elevautonomien åpnet som sagt for at elevene selv bestemte hvilke faglige og ikke-faglige elementer som skulle inkluderes. Noen elever, blant annet Anders og Carl, benyttet muligheten til å sette sitt personlige preg på arbeidet og utfolde seg kreativt. Disse elevene kommuniserte gjennom blant annet humor, selvutviklede analogier og spill-referanser, både skriftlig og muntlig:

Carl: [DAZ] er bare for å ha litt detaljer og sånn tag, da. [Mission passed respect] er referanse til GTA 4.

Anders: Og her kan du se en litt sånn her sammenklistring, når man tar flere leireballer og trykker dem sammen. Det er ment å representere duplisering ut fra et lite sted. Hvis du har spilt Gary's Mod, kan du sette flere ting inn i en, og så fort du u-freezer tid, så popper det fra hverandre.

Her nevner Carl og Anders referanser fra spill som GTA 4 og Gary's Mod, som jeg selv ikke har noe kjennskap til. Dette er dog en viktig egenskap ved opplegget; at elevene fikk velge kommunikasjonsformer selv og ha høy autonomi i eget arbeid.

9 Generell diskusjon

Her drøfter jeg først forskningsspørsmål 1, før forskningsspørsmål 2 og 3 diskuteres innenfor rammene av de fire temaene.

9.1 Hvilken fagforståelse av immunologi kommer til uttrykk gjennom elevenes forklaringer av egne tegninger?

For å undersøke hvilken fagforståelse elevene uttrykker har jeg sett på de tre ferdighetene; funksjoner, interaksjoner og mikro/makro-relasjoner (Ghazal & Hokayem, 2023). Dette rammeverket er relativt nytt, og det er derfor ennå ikke blitt grundig testet. Jo mer jeg utforsket rammeverket, og implikasjonene det hadde til immunforsvaret i særdeleshet, jo mer ga det mening at mestring av de tre ferdighetene til sammen gir en holistisk forståelse, slik Capra (1997), og Ghazal og Hokayem (2023) påstår. Resultatene viser at elevene hadde god forståelse i alle tre ferdighetene, og alle læringsmålene jeg utarbeidet til undervisningsopplegget i hver av de tre gruppene (kap. 5.2) ble uttrykt på et eller flere tidspunkt, som vist i resultatkapittelet.

Angående funksjoner uttrykte elevene kjennskap til at dendrittske celler og makrofager spiser og bryter ned antigener, hvilket er sentrale funksjoner i bekjempelsen av infeksjoner (Hirayama et al., 2017). I tillegg kjente de fleste til at dendrittske celler varsler det adaptive immunforsvaret, hvilket er helt essensiell kunnskap for holistisk forståelse, da det er disse cellene og denne funksjonen som kobler det medfødte immunforsvaret til den høyst avanserte spesifisiteten til det adaptive immunforsvaret (T- og B-celler) (Mellman, 2013). Mange elever kunne også forklare at T-celler aktiverer B-celler som modnes til plasmaceller og produserer antistoffer. Dette er en viktig sekvens da antistoffene defineres som en av de viktigste faktorene for å beskytte mot pågående infeksjoner, inngår som en komponent i alle godkjente vaksiner (Freund, 2021). Både Anders, Bea og Berit sine tegneserier (figur 8.1 og 8.2) hadde inkludert denne funksjonen spesifikt, hvilket kan tyde på at de har skjønnet at det er en viktig funksjon. Det at B-cellene dobler i størrelse og modnes til plasmaceller før de produserer antistoffer er kunnskap elever i andre forskningsstudier ikke innehadde (Ghazal & Hokayem, 2023). De trodde det var ikke-differensierte B-celler som produserte antistoffer. Elevene i denne studien kunne også forklare at antistoffene nøytraliserer og immobiliserer patogener, mens annen forskning fant at elever trodde de drepte patogener (Ghazal & Hokayem, 2023), og at sykepleierstudenter ikke visste om antistoffers funksjoner i det hele tatt (Dombrowsky & Frye, 2017). Dette er et oppsiktsvekkende funn med positive implikasjoner for tegneserie-aktiviteter i naturfagundervisning. Jeg diskuterer mulige årsaker til disse positive resultatene senere. I forhold til læringsmålene jeg utarbeidet var det ellers ingen mangler når det gjelder immunforsvarets funksjoner.

Alle interaksjons-læringsmål ble også dekket under intervjuene. Av relevante interaksjoner kunne elever nevne blant annet at dendrittske celler finner «den rette» T-cellen via en reseptor. Akkurat denne interaksjonen ble for mange en uforståelig og litt mystisk sekvens de ønsket å forstå. Mange spurte om hvordan dendrittske celler aktiverer T-celler og derfor nevnte jeg begrepet overflatereseptor for disse elevene. Dette begrepet inngår ikke i fagnotatet, der ble interaksjonen heller forklart ved at «[Den

dendrittiske cellen] treffer på T-hjelpecellen som matcher antigen-bitene den dendrittiske cellen har på overflaten sin [...]. T-cellen blir da aktivert [...]». Mange ble nysgjerrige og ville gjerne vite hvordan reseptorer fungerte, uten at jeg hadde forberedt meg på å snakke om emnet i det hele tatt. Dermed viste jeg gruppene som spurte bilder og forklaringer fra internett og boka *Immune* (Dettmer, 2021), og forklarte etter beste evne. Dette er langt over kunnskapsnivået som er forventet på 9. trinn, men det var elevene selv som ville vite disse detaljene, hvilket sier noe om at de fikk et behov for mer kunnskap. De ville vite mer om interaksjonene som for dem fremsto litt «mystisk», hvilket er forståelig, da fagnotatet som sagt er veldig forenklet og mangler en del essensielle forklaringer. Jeg har tidligere forklart at forenklingene var nødvendig for å unngå kognitiv overbelastning, og dermed at læring kunne finne sted, i tråd med tidligere forskning (Sjøberg, 2022; Duit, 1991).

Andre interaksjoner som ble nevnt var at plasmaceller reiser via blod, at T-celler produseres i brisselen (thymusen), at dendrittiske celler reiser via lymfesystemet til lymfeknuter og at T-celler multipliserer seg som resultat av aktivering og videre aktiverer en kompatibel B-celle. Flere av disse interaksjonene er ikke forklart i fagnotatet, slik som hvor T-celler produseres eller at plasmaceller reiser via blod. Det er derimot beskrevet at antistoffer, som produseres av plasmaceller, reiser via blod. Elevene som nevnte denne mekanismen (Berit og Bea) spurte om det i timen, og nevnte det under intervjuet. De hadde ikke inkludert mekanismen i tegneserien sin, da den stoppet etter at B-cellen har blitt en plasmacelle. Dermed viser de kunnskap som går utover kunnskapen som formidles i tegneserien. Det kan være flere grunner til at de uttrykte såpass høy fagforståelse, hvilket diskuteres senere i diskusjonen.

Av mikro/makro-relasjoner forklarte elevene at vaksiner inneholder svekkede eller døde bakterier eller antigener som setter i gang immunforsvaret og fører til produksjon av T-celler. Annen forskning har funnet at kun én av 16 biologi-elever på videregående ikke viste at vaksiner fører til en immunrespons etter en måned med undervisning om temaet (Ghazal & Hokayem, 2023). Flere elever kunne også forklare at vaksiner gjør deg immun fordi noen av T- og B-cellene som produseres blir igjen i kroppen. De fleste husket ikke at disse cellene kalles hukommelsesceller, men jeg vil påstå at å huske funksjonen her teller mer enn å huske navnet, da det kan være enklere å lære seg. De to nevnte læringsmålene innen mikro/makro-relasjoner ble dermed også oppfylt.

Jeg oppdaget også noen misoppfatninger, eller usikkerheter, ofte i form av begrepsforvirring under intervjuet. For eksempel sa samtlige informanter «dendritten» når de omtalte den dendrittiske cellen. Denne ordbruken ble en slags kultur som spredte seg i klasserommet underveis i arbeidsøktene, og det kan hende at til og med jeg nevnte det på et tidspunkt. Som nevnt er denne ordbruken uheldig, da dendritter er strukturer på nerveceller, hvilket kan være forvirrende for elever når de skal lære om nervesystemet i 10. trinn. Heldigvis er dette en feil som enkelt kan ryddes opp i, ved å synliggjøre denne forskjellen for elevene. Andre begreper elevene blandet var virus og bakterier. Blant annet snakket Carl om disse to i samme setning, hvilket er en begrepsforvirring både lærebøker i naturfag og sykepleierstudenter også uttrykker (Ekeland et al., 2008; Dombrowsky & Frye, 2017).

I tillegg ble det flere ganger sagt at vaksiner inneholder døde eller svekkede virus, hvilket jo er korrekt i flere tilfeller, men ikke i dette prosjektets kontekst. Hjernehinnebetennelse-vaksiner inneholder antigener, som ble eksplisitt forklart i fagnotatet: «Du har kanskje hørt at vaksiner inneholder svekkede virus? Ja, det kan de

også gjøre, dersom det er et virus du vaksinerer deg mot.» Til tross for denne forklaringen, sammen med forklaring av at hjernehinnebetennelse-vaksiner inneholder antigener, nevnte få sistnevnte forklaring. Dermed er det nærliggende å tro at elevene tidligere har hørt om at vaksiner inneholder døde eller svekkede virus, eller at de hang seg opp i akkurat den delen av forklaringen, og at assimilering ikke har funnet sted (Sjøberg, 2022). Den nye kunnskapen har verken erstattet eller smeltet sammen med den gamle. Dersom det første er kunnskap som eksisterte fra før hos elevene, kan det være to grunner til at assimilasjon ikke har skjedd; det første er at faktumet at vaksiner inneholder antigener ikke påvirker immunresponsen som er beskrevet i fagnotatet. Det står til og med eksplisitt at «Det finnes ulike typer vaksiner, men mye av immunresponsen er den samme. Mekanismene som er beskrevet nedenfor er de overordnede prosessene som foregår i de fleste immunresponsene mot de fleste infeksjonene». Dermed er ikke kunnskapen viktig for resten av historien, og elevenes eksisterende kunnskap blir tilstrekkelig for å forklare immunforsvaret, og dermed skjer det ingen konseptuell forandring (Dombrowsky & Frye, 2017; Posner et al., 1982). De trenger ikke å erstatte sin tidligere tilegnet kunnskap. En annen grunn kan være at den nye kunnskapen ikke redegjør for et nytt fenomen. Kunnskapen forklarer i grunn det samme fenomenet, og dermed oppstod ikke nye oppfatninger (Posner et al., 1982). Det var med andre ord ikke så viktig for elevene å forstå hva som ble injisert med vaksinen, så lenge det igangsetter en immunrespons. Når dette er sagt, må det sies at annen forskning viser at elever (10-16 år) enten ikke vet hva vaksiner inneholder (Jones & Rua, 2008) eller tror de inneholder antistoff (Ghazal & Hokayem, 2023).

Andre misoppfatninger som dukket opp var at T-celler ikke er hvite blodceller. Her er det en tydelig konflikt mellom eksisterende og ny kunnskap, da eleven må ha hørt om hvite blodceller tidligere, mens undervisningsopplegget kun benevnte immunceller. Hvite blodceller ble aldri nevnt av meg, verken i fagnotat på tavlegjennomgang eller under arbeidsøktene. Dermed fikk ikke eleven muligheten til å revidere eksisterende forestillinger og sammenligne med ny, hvilket er viktig for at nye vitenskapelige forestillinger skal kunne brukes (Mason & Zaccoletti, 2021). Under intervjuet oppklarte jeg denne misoppfatningen for eleven, og det ble derfor en situasjon der eleven resonnerende vitenskapelig og jeg eksplisitt oppklarte misforståelsen, slik at eleven fikk muligheten til å assimilere og aktivere nye konseptuelle ressurser (Chi et al., 2012; Scott et al., 2018).

At noen elever uttrykte kunnskap selv ikke sykepleierstudenter eller videregående elever kjenner, til tyder på at undervisningsopplegget lyktes i å gi elevene en god innføring i kroppens immunforsvar. Dette samsvarer med tidligere forskning som hevder at tegning er fra for læring i STEM-fag (se for eksempel Leopold & Leutner, 2012; Nagata, 1999; Wu & Rau, 2019). Kunnskapen som ble uttrykt i tegneseriene og intervjuene tyder på at elevene har dannet mentale representasjoner av funksjonene og relasjonene som inngår i immunforsvaret (Leopold & Leutner, 2012; Wu & Rau, 2019). Jeg anser at det kan være ulike grunner til de gode resultatene:

- (1) Elevene fikk muligheten til å resonnerende vitenskapelig, både under arbeidet, ved å snakke sammen og stille meg spørsmål, og under gallerivandringen. Der måtte de forklare kunnskapen og tegneseriene sine flere ganger, hvilket ga dem øving i å resonnerende vitenskapelig, som igjen bidrar til konseptuell læring (Scott et al., 2018).
- (2) Selv om mye av læringen var opp til dem selv, involverte prosjektet også eksplisitt undervisning i form av faglig gjennomgang på tavla og fagnotatet.

Eksplisitt undervisning er viktig for at elevene skal utvikle en vitenskapelig epistemologi som gjør at de kan resonnere på en produktiv måte (Scott et al., 2018). I tillegg måtte de lytte aktivt for at de skulle forstå fagnotatet og komme i gang med arbeidet sitt, så gjennomgangen hadde kanskje mer gjennomslagskraft enn «vanlige gjennomganger», der elevene skal jobbe med mer tradisjonelle oppgaver i etterkant.

- (3) Tegning er en aktiv og generativ læringsprosess der elevene skaper meningsfulle forbindelser mellom eksisterende og ny kunnskap (Hanke, 2012). I og med at jeg ikke visste hvilken kunnskap som eksisterte hos elevene fra før er det vanskelig å konkludere med at de har utviklet slike forbindelser, men funn fra forstudien jeg gjennomførte viste at elever fra første termin på 10. trinn hadde god kunnskap om hva vaksiner inneholdt, men ikke om immunforsvarets komponenter og funksjoner. Denne studien viser at elever på 9. trinn er fullstendig kapable til å lære komplekse naturvitenskapelige prosesser gjennom tegning ved å være aktive og bruke tegning til å bygge kunnskap ved å integrere eksisterende kunnskap med ny (Wu & Rau, 2019).
- (4) Det kan være avgjørende at læreren har god kjennskap til temaet som undervises, og nøye vurderer hvordan fagstoffet skal presenteres for klassen, for å unngå kognitiv overbelastning og begrepsforvirring. Riktignok er naturfagundervisning sterkt knyttet til språk fordi vitenskapsspråket er komplekst og ukjent for mange elever (Evagorou & Osborne, 2010).

Selv om intervjuet ble holdt over en uke etter at undervisningsopplegget var ferdig, og gallerivandringen gjennomført, virket det som at elevene husket mye av kunnskapen de hadde lært. Dette tyder på at tegneseriene hadde positive implikasjoner på elevenes hukommelse og konseptuelle læring, i tråd med annen forskning (Wu & Rau, 2019). En årsak til dette kan være at de hadde tegneseriene sine foran seg under intervjuet som gjorde det enkelt for dem å hente fram sine mentale representasjoner. I tillegg tyder det på at prosessen med å selektere, prosessere og fremstille kunnskap i form av tegneserier gjør elevene i stand til å danne seg en holistisk forståelse av kompliserte naturfaglige fenomener, og at denne forståelsen er en form for dybdeforståelse som ikke glemmes med det første. Dette samsvarer med annen forskning på tegning og hukommelse (se for eksempel Nagata, 1999).

9.2 Formidlingsmetoder og elevenes opplevelse

9.2.1 Fantasifulle fremstillinger, analogier og adoptert språk

Ifølge tidligere forskning er det svært sjelden at elever lager fruktbare analogier, og at når det skjer kreves mye veiledning (ibid.), men mine funn viser at elever absolutt er i stand til å gjøre dette, i alle fall når det handler om celler og kroppssystemer. Resultatene viser at flere av elevene tegnet analogier, både egenutviklede og lånte. I tillegg til pac-man-figuren var det for eksempel en gruppe som laget en historie med en dendrittisk celle som forsøkte å finne en sko sin rettmessige eier, som en slags Askepott-analogi til T-cellen med den kompatible reseptoren (figur 8.5). Her presenteres to konsepter; dendrittiske celler aktiverer kompatibel T-celle og prinsen som leter etter jenta som passer skoen, hvilket gir en meget tydelig sammenligning, i tråd med Duit (1991) sin definisjon på analogier. Disse analogiene var altså tydelige og enkle å forstå, og er et tegn på at elevene har forstått noe viktig, og at det har skjedd en konseptuell forandring (Gentner, 1983; Shapiro, 1985; Duit, 1991; Harrison & Treagust, 2006; Aubusson et al., 2006). Pac-man-analogien er som nevnt en ikke så ukjent analogi, men Askepott-analogien er mest sannsynligvis utviklet av elevene selv. Analogiene gjør

tegnaseriene tiltalende og morsomme, og arbeidet med å utvikle analogiene har høy verdi når man skal lære om komplekse naturfaglige fenomen (Duit, 1991; Aubusson et al., 2006).

Noen analogier som elevene brukte fremsto mindre fruktbare. For eksempel var det en gruppe som tegnet to figurer som var på fisketur og fisket antigener som havnet i en ananas. (Elevene som tegnet denne tegneserien ga ikke sin underskrift, så den inngår ikke i resultatdelen, men aspektet den belyser er såpass interessant at jeg diskuterer den likevel.) Denne tegneserien var svært vanskelig å forstå, men ble noe oppklart da de presenterte den under gallerivandringen. Likevel er nok dette et eksempel på en analogi som bidrar til forvirring for mottakeren, og som ikke fungerer til sin hensikt; å gjøre informasjon med konkret og lettere å forestille seg (Shapiro, 1985). Dermed bekrefter dette funnet tidligere forskning som hevder at det er svært sjelden at elever lager fruktbare analogier (Duit, 1991; Aubusson et al., 2006). Øving fører til at tegninger blir mer abstrakte og kun inkluderer det viktigste fordi elevene har lært hva som skal inkluderes når (Berland & Crucet, 2015; Wu & Rau, 2019), hvilket er særlig viktig når informasjonen er såpass kompleks som i dette undervisningsopplegget. Dette understreker derfor viktigheten av at elevene bruker god tid på å sette seg inn i fagstoffet og på å planlegge tegnehistorien før de setter i gang med å tegne.

På den andre siden kan det hende at jeg ikke forsto analogien og tegneserien generelt, og at elevene lærte noe ved å utvikle analogien, ved at de forsterket sine mentale representasjoner (Wu & Rau, 2019). I så fall kan prosessen med å lage tegneserien fremdeles ha en læringsverdi for elevene, selv om den ikke har en særlig stor formidlingsverdi. De har kanskje brukt tegneserien med invensjon som hensikt, altså å utvikle en tanke eller idé, som Adams (2017) peker på som en av de fire hensiktene tegning kan ha. Tegneserien fungerer derimot ikke særlig godt som et kommunikasjonsmiddel, som er en av de andre hensiktene Adams (2017) peker på. I slike tilfeller kan tegneserier altså være et godt læringsverktøy for elevene, men et mindre godt evalueringsverktøy som læreren kan bruke for å evaluere elevenes forståelse. Dette går imot tidligere forskning som hevder at tegning er gode evalueringsverktøy i klasserommet (Edlund & Balgopal, 2021). Det må nevnes at forskning spesifiserer viktigheten av verbale forklaringer akkompagnert med tegneseriene, men da må man sette av god tid til både lesing av tegneserien og lesing eller lytting til elevenes forklaringer. Fem minutter på en gallerivandring var ikke nok til at jeg kunne evaluere flere av gruppenes læring, da mye av tiden ble brukt på forklaring av tegneseriens ikke-faglige elementer. Det samsvarer dog med Dikmenli (2010) sin studie, som viser at visualisering av elevens mentale modeller avslører for både lærer og elev hva som er klart og uklart når elever lager mening av nye konsepter.

Et annet viktig aspekt med at mange elever valgte å bruke analogier er at de ikke bare ble eksponert for sine egne analogier, men også for hverandres analogier. De kunne utvikle egne analogier, og i tillegg introduseres for hverandres under gallerivandringen. Dermed kan de ta et epistemologisk valg og bruke den som gir mest mening for dem for å oppnå konseptuell forandring, i tråd med rapporter fra Duit (1991) og Aubusson et al. (2006). Det var imidlertid viktig å forhøre seg om elevenes forståelse av egne analogier av to grunner; (1) for å selv forstå analogiene, som leser av tegneseriene og lærer, og (2) for å evaluere om sammenligningsgrunnlaget de har brukt når de har knyttet konsepter fra to konsepter sammen, gir mening. Hos noen grupper ble tiden satt av til presentasjonen litt knapp, da deres analogier og historier krevde mer oppklaring enn

andres, og det ble derfor vanskelig å evaluere kunnskapen deres. Dette diskuteres mer senere i diskusjonen.

I tillegg til analogier utviklet flere grupper historier som var langt fra virkeligheten og kroppen der cellene hører til. Carl plasserte en dendrittisk celle på T-banen (figur 8.3), og en annen gruppe tegnet cellene som konger, dronninger, drager og kongelige budbringere (figur 8.6). En slik vinkling av tegneserien samsvarer godt med vitenskapelige tegneserienes mål, som er å underholde og samtidig informere (Hughes-Hassell, 2007). Det er verdt å merke at disse historiene ikke er analogier da de ikke egentlig sammenligner cellene med konger og dronninger, men at de har forkledd cellene i karakterer som kan være mer tiltalende eller spennende, uten at de nødvendigvis har like karakteristikk (Duit, 1991). Likevel var én av karakterene en analogi idet de sammenlignet dendrittiske celler med budbringere; begge bringer bud om en fare, enten til T-celler eller konger og faren er enten infeksjoner eller drager. Likevel ble tegneserien plassert i kategorien *eventyr/historie*, da tegneseriene i kategorien *tydelig analogier* bygde tegneserien sin mer rundt selve analogien, og fokuserte mer på kun én liten sekvens av immunforsvaret.

Det var ikke alltid like enkelt å forstå disse fantasifulle fremstillingene, da de fleste tegneseriene inkluderte lite dialog og fortellerbokser. Carl sin dendrittiske flammehår-celle var den eneste som snakket i hans tegneserie, og det han sa var «oh shit!» og «phew» (figur 8.3, panel 1 og 2). Disse utsagnene ga lite informasjon til leseren, særlig ved første gangs lesing. Dette gjør at det krever mye av leseren som skal skape mening av tegneseriene, og det blir økt behov for at elevene forklarer tegneseriene sine for mottakeren. Ett av punktene i tegneserie-kurset var forklaring av ulike dialogbokser, men jeg la ikke så mye vekt på viktigheten av å bruke dialog, hvilket kan være en årsak til mangelen. I og med at klassen nettopp hadde produsert tegneserier i norskfaget og gjennomgått et tegneseriekurs, var det flere ting jeg mer eller mindre ubevisst ikke fremhevet like tydelig som andre. Viktigheten av dialog var en av disse tingene.

Et oppsiktsvekkende funn var at mange elever adopterte uttrykket «pyntet seg med» fra fagnotatet, angående makrofager og dendrittiske celler, både i tegneseriene og verbalt. Jeg forsøkte å holde et enkelt og billedlig språk for å lette den kognitive belastningen og senke kompleksitetsnivået til et mer overkommelig nivå enn det i utgangspunktet er for elever på 9. trinn. At mange elever brukte dette uttrykket taler for at det billedlige språket hjalp elevene å huske fagstoffet. Det kan også tenkes at det ble lettere for elevene å tegne fagocytose (sekvensen der makrofager og dendrittiske celler svelger og bryter ned bakterier og plaserer fragmentene på overflaten), og at det derfor var mange som valgte akkurat denne sekvensen og transformerte uttrykket «pynte seg med» til tegning.

9.2.2 Antropomorfisme og fragmenterte forklaringer

Elevene overførte stadig vekk menneskelige egenskaper til cellene, og tilegnet dem blant annet bevissthet, kropp og kjønn. Både informative og de mer fantasifulle tegneseriene hadde denne egenskapen, hvilket er et karakteristisk kjennetegn for tegneserier generelt (McCloud et al., 2016), og som også hører hjemme i vitenskapelige tegneserier (Matuk et al., 2021; Spiegel et al., 2013). Tidligere forskning som også har funnet at elevene gir cellene antropomorfe trekk, hevder det er et tegn på at elevene har assimilert fagstoffet (de Hosson et al., 2018). Jeg oppdaget at elevene ofte brukte antropomorfe forklaringsmetoder når de skulle forklare hvordan de cellulære interaksjonene foregikk i virkeligheten, utenom tegneseriene sine. Dette kan tyde på at de mangler vitenskapelige

forklaringsmetoder, og at de ikke bare har tilegnet T-cellene antropomorfe trekk i tegneserien, men videreført tegneseriens ikke-vitenskapelige egenskaper til virkeligheten. Det kan også belyse en forklaringskultur som kan stamme fra min introduksjon av temaet på tavla og i fagnotatet. Som sagt tidligere har fagnotatet et billedlig, og noe levende språk, som kan ha påvirket måten elevene forklarte seg på.

I tillegg til antropomorfisme hendte det seg at elevenes verbale forklaringer var noe fragmenterte. For eksempel forklarte en elev at det var «plutselig T-celler», uten å klare å forklare hvordan de ble produsert. Denne forkortingen, eller reduseringen av prosessen bærer preg av at elevene har mangelfull forståelse av hvordan de cellulære interaksjonene egentlig foregår, og at noen prosesser er mystiske for dem. I sum impliserer disse antropomorfe og av og til fragmenterte forklaringene at elevens fokus på å transformere fagkunnskap til tegneserie-format kan gå på bekostning av å lære seg vitenskapelige forklaringsmetoder. I dette tilfellet var premisset for undervisningsopplegget at fagkunnskapen ikke skulle forstås fullstendig og dypt, men heller mer helhetlig, hvilket kanskje åpner for slike forklaringer som beskrevet ovenfor. Elevene ble gjennom muntlige beskjeder og fagnotat oppfordret til å fokusere på de store linjene og helheten heller enn detaljer og strukturer, hvilket, i tillegg til at de er unge i alder, sannsynligvis har bidratt til at elevenes forklaringer manglet vitenskapelig språk. Dette funnet taler imot annen forskning som viser at elever utvikler vitenskapelig «literacy» ved å bruke tegneserier i undervisningen (Tatalovic, 2009), når det gjelder muntlige vitenskapelige forklaringer.

9.2.3 «Vi ville heller fokusere på å gjøre det mer forståelig»

Resultatene viser at å produsere tegneserier skapte motivasjon hos ulike elever av ulike grunner. Noen elever var mest opptatt av å lage sine egne historier og selve tegneprosessen, slik som blant andre Carl med sin dendritiske flammehår-celle på T-banen (figur 8.3), Dina og Dora's store gule pac-man-makrofag (figur 8.4) og Askepott-tegneserien med prinsen, skoa og bryllupet (figur 8.5). Tegneseriesjangeren åpner for at elever selv kan velge hvordan de vil framstille kunnskapen sin, enten det er en mer direkte og informativ tilnærming eller en mer fantasifull tilnærming der det presenteres et plott og en historie (de Hosson et al., 2018). Flere informanter uttrykte glede over å få gjøre noe annet enn å «sitte å skrive», «lage en liten historie» og at de likte å lære med visuelle virkemidler. Disse elevene er vanligvis ikke veldig entusiastiske til naturfag, hvilket de også uttrykte i intervjuets siste spørsmål. Dette stemmer overens med tidligere forskning som hevder at tegning har positiv påvirkning på elevens motivasjon (Quillin & Thomas, 2015; Adams, 2017; Hosler & Boomer, 2011), og at tegning treffer flere elev-typer (Matuk et al., 2021).

Andre elever var mer opptatt av faglige detaljer og å formidle fagkunnskapen på en tydelig måte, slik som Bea og Berit (figur 8.2). Disse elevene stilte mange spørsmål angående detaljer og prosesser som fagnotatet ikke beskrev. De var også opptatt av å fremstille fagkunnskapen korrekt i tegneseriene sine. Hvert panel illustrerte en prosess eller viste faglige detaljer uten forsøk på å bake det inn i en historie. Tegningene var nærmere virkeligheten, som for eksempel Bea og Berit sin dendritiske celle, som ble tegnet som en litt slapp stjerne (figur 8.2, panel 4). I virkeligheten har den lange blekksprut-lignende forgreininger, så tegningene var likevel ikke helt representative og virkelighetsnære (Quillin & Thomas, 2015).

Noen av de fagfokuserte elevene følte seg usikker på sine ferdigheter innen tegning, hvilket ifølge tidligere forskning kan føre til kognitiv overbelastning (Sweller, 1988; de Jong, 2010), da elevenes emosjonelle tilstand er kritisk for læringsuksess (Bransford et al., 2000). Tross denne usikkerheten viser resultatene at elevene oppnådde stor læringsuksess. Det kan være flere grunner til dette. En grunn kan være at støttestrukturene (fagnotat, tegnekurs, lærer) og rammene (én tegneserie på en A4 side, tre dobbeltøkter, læringsmål), bidro til at elevene hadde nok hjelpemidler å bruke i arbeidet sitt og at de visste hensikten og målet med det de gjorde. En annen grunn kan være at jeg var opptatt av å fremheve at man ikke trenger å være kunstner og at de ikke ble evaluert basert på tegneferdigheter, i tillegg til at jeg selv ikke tegnet særlig pent under tavle-gjennomgangen helt i starten av arbeidsprosessen. Dette i tråd med Quillin & Thomas (2015) sine anbefalinger til læreren under tegneaktiviteter. En tredje grunn kan være at elevene generelt er trygge elever, og at tvilen på tegneferdighetene dermed ikke blir en hindring for arbeidet. I samsvar med dette har annen forskning funnet at studenter som tvilte på egne digitale tegneferdigheter var fullstendig i stand til å lage digitale tegneserier med litt veiledning (Robin et al. 2021).

Uansett ønske og fokus for arbeidet, syntes samtlige informanter det var viktig å forklare kunnskapen sin muntlig i tillegg til visuelt. De pekte både på at de ville vise kunnskap de ikke fikk vist fram i tegneserien, og at de ville forstå hverandres tegneserier. Det ble også nevnt, at på gallerivandringen fikk de øving i å forklare faget, og dermed forsto kunnskapen bedre fordi de måtte gjenta forklaringen sin flere ganger. Dette samsvarer med tidligere forskning; Ved å forklare tegneseriene muntlig og svare på faglige spørsmål for elevene øving i å resonnerer vitenskapelig som kan bidra til at de oppnår konseptuell forandring (Scott et al., 2018; Wu & Rau, 2019). I tillegg var det viktig for meg som lærer å høre elevenes muntlige forklaringer for å kunne evaluere elevenes læring. Jeg fant det vanskelig å evaluere tegneseriene bare ved å studere dem, da de ofte inneholdt lite dialog og forklaringer, forvirrende analogier og karakterer, og utydelige tegninger. Under gallerivandringen fikk jeg et bedre innblikk i deres mentale modeller, og ved å stille dem oppfølgingsspørsmål kunne jeg enklere vurdere om de hadde forstått kunnskapen riktig. Denne studien støtter derfor Wilson og Bradbury (2021) sin studie som konkluderer at tegning er nyttige verktøy for å evaluere elevens forståelse i naturfag, dersom de akkompagneres med verbale forklaringer. Som nevnt var det noen grupper det var vanskeligere å evaluere, så god nok tid må settes av til å forstå både tegneseriene og elevenes verbale forklaringer.

9.2.4 «Man måtte lese noe for å klare å skjønne hva man skulle tegne»

Tegneaktiviteten skapte et kunnskapsbehov som kom fra elevene selv. Istedenfor at en lærer forteller elevene kunnskapen de skal lære, i tråd med tanken om at elever er tomme kar som kan fylles med kunnskap, tar eleven en aktiv rolle i egen læringsprosess. Læreren forteller ikke elevene hvordan de skal gå frem for å tilegne seg kunnskapen, det er opp til eleven selv. Dermed gir opplegget en mulighet for selvregulering da de øver seg på å forstå hva de skal lære og sette seg oppnåelige mål for kunnskapsnivået de velger (Knutsen & Reitan, 2020). Når de selv bestemmer hva de skal lære om og formidle, oppstår kunnskapsbehovet altså i eleven; de bestemmer seg for noe, og får følgelig et behov for å søke informasjon om dette «noe», for å klare å lage illustrasjoner i form av en tegneserie som skal formidles til andre.

Elevene uttrykte også at det var viktig å forstå sin egen tegneserie, og dermed sin egenvalgte fagsekvens, for å være i stand til å forklare tegneserien sin til resten av klassen. Resultatene taler dermed for at elevene kjente motivasjon for arbeidet, i tråd

med tidligere forskning (Spiegel et al., 2013; Morrison et al., 2002; Matuk et al., 2021; Hacklin & Prain, 2005). I tillegg støtter studien at estetiske arbeidsmetoder fremmer motivasjon for dybdelæring (Sæbø, 1998; Karlsen & Häggström, 2020).

Elevene fikk også fullstendig frihet til å implementere referanser og elementer fra sin hverdag såfremt de enten brukte det for å fremheve faglige fenomener eller *i tillegg* til de faglige elementene. Flere elever brukte referanser fra hverdagslivet sitt, som spill-referanser, tegnedetaljer som tagging og innslag av humor. Dette bekrefter at tegneserier kan være en bro mellom elevenes hverdag og vitenskapens språk og konsepter (Matuk et al., 2021), og at tegning imøtekommer elevers individuelle forskjeller (Ainsworth et al., 2011). Dette kan også være et aspekt som øker elevens motivasjon for tegneserie-arbeidet.

Noen elever opplevde derimot oppleggets høye autonomi som utfordrende. De syntes det var vanskelig å finne ut hvor de skulle starte og stoppe tegneserien sin, og brukte mye tid på å komme i gang. Disse trengte mye støtte og veiledning fra meg (læreren). Andre elever kom fort i gang og jobbet ivrig med historiene sine. Disse elevene var mer selvstendige og spurte lite om hjelp. De var også ofte de som virket mer opptatt av det kreative spillerommet enn av faglige detaljer. Disse observasjonene belyser variasjonen i elevenes behov og arbeidsmåter i en selvstyrt læringssituasjon. Når elever får høy autonomi krever det at de har evnen til å strukturere sitt eget arbeid. For noen kan dette være en katalysator for kreativitet og dypere engasjement, mens for andre kan mangelen på klare retningslinjer være overveldende, noe som kan hindre deres fremgang. Tidligere forskning understreker også viktigheten av å støtte eleven i arbeidet for at de skal få mest mulig ut av det (Pitura & Chmielarz, 2017; Robin et al., 2021).

9.3 Begrensninger av studien

Forskningsstudiet jeg har gjennomført baserer seg på empiri i form av elevintervju. To av intervjuene ble gjennomført med to elever tilstede, da de hadde jobbet sammen om tegneserien. Den ene eleven gjorde mesteparten av snakkingen, og den andre ofte kun bekreftet det medeleven sa, eller svarte i veldig korte trekk. Jeg har av den grunnen nesten ikke inkludert noen av Dora eller Berit sine utsagn. Dette kan gi et feilaktig bilde av studiens antall informanter, da det i praksis er nærmer 6 enn 4 informanter. Det var også ved de fleste tilfellene vanskelig å tolke om den ene snakket for den andre, og jeg så meg derfor nødt til å omtale kun den ene eleven, selv om begge hadde laget tegneserien sammen.

En av mine svakheter er at jeg stilte lukkede spørsmål ved ett par anledninger der jeg burde stilt åpne spørsmål, hvilket gikk negativt utover to ting: Det første er at noen av elevene kan ha blitt usikre eller nervøse, og det andre er at jeg kan ha gått glipp av noe av den faktiske kunnskapen de hadde, ved å kun fokusere på den ene vinklingen jeg var ute etter. Jeg har som tidligere beskrevet erfaring fra ansettelses-intervju, der lukkede spørsmål er nyttige og ofte brukt for å finne ut nødvendig informasjon om intervjusubjektet. I intervjuet med elevene var hensikten langt fra å sette dem på prøve og teste om de hadde den riktige kunnskapen eller om de var passende for en eller annen stilling, men heller å utforske elevenes opplevelser og kunnskaper fra et nysgjerrig ståsted. De lukkede, og noen ganger ledende spørsmålene kan til tider ha gjort at elevene oppfattet situasjonen som en slags prøve, og fikk assosiasjoner til vurdering. Tross dette tror jeg elevene stort sett følte seg trygge på at de ikke måtte «vise seg fra sin beste side». Flere sa at de ikke visste eller var usikker på fagspørsmål, hvilket tyder på at de følte seg trygge og at de kunne slappe av i situasjonen.

Ved å stille lukkede spørsmål kan jeg som sagt ha gått glipp av noe av fagkunnskapen til elevene hadde, ved å kun fokusere på den ene vinklingen jeg var ute etter. Som regel var jeg bevisst på å stille åpne spørsmål, og spørre hva de visste om de tre ferdighetene i det biologifaglige rammeverket (Ghazal & Hokayem, 2023), men noen ganger merket jeg at jeg var ivrig etter å vite om de kunne en spesifikk funksjon eller interaksjon. Andre ganger hjalp jeg nok elevene, og gjorde det lett for dem å bekrefte mine lukkede spørsmål. For eksempel var jeg litt for sikker på hva sprekken i døra til Carl sin tegneserie representerte:

Carl: Ja, det er en sprekke, det som er ødelagt.

Lærer: Det representerer at det er noe innbrudd av bakterier eller virus?

Carl: Ja.

Et annet aspekt som kan brukes som kritikk i studien er at jeg både er forsker og læreren til utvalget. Som klassens lærer ønsker jeg elevene godt, hvilket kan påvirke måten jeg tolker elevutsagnene på. I tillegg ønsker jeg gode resultater for undervisningsopplegget jeg har utviklet. Dette kan ha gjort meg uoppmerksom på viktige forhold som tyder på at opplegget har negative implikasjoner for læring og motivasjon.

10 Konklusjon

I denne studien har jeg forsøkt å lage et undervisningsopplegg som kan hjelpe elever å forstå hvordan det komplekse kroppssystemet, immunforsvaret fungerer. Jeg har tatt utgangspunkt i tegneserier som pedagogisk verktøy, og som estetisk arbeidsmetode knyttet sammen med naturfagundervisning. Opplegget legger opp til elevaktiv undervisning der elevene har produsert sine egne analoge tegneserier med tegnesaker og papir, om en egenvalgt sekvens av immunresponsen som igangsettes når man tar vaksine mot hjernehinnebetennelse.

I innledningen forklarte jeg at en forstudie jeg utførte fant at elever er nysgjerrige på hva som faktisk foregår inni kroppen når man tar vaksine, hvilket var utgangspunktet mitt for å lage undervisningsopplegget. I tråd med tidligere forskning på tegning og tegneserier i naturfagundervisning utviklet jeg et tegnekurs og et fagnotat for å støtte eleven i sitt arbeid (Wilson & Bradburry, 2021; Anderson & Kachorsky, 2019; Barros, 2017; de Hosson et al., 2018). I tillegg ble det gjennomført en avsluttende gallerivandring der elevene presenterte arbeidet sitt for hverandre.

Problemstillingen for studien lyder: *Hvordan fungerer undervisning hvor elever produserer egne tegneserier for å lære om immunologi i naturfag?*

Resultatene viser at elevene uttrykte en holistisk forståelse av immunforsvaret som følge av opplegget, og taler for at å produsere tegneserier om komplekse tema i naturfag har gode implikasjoner for konseptuell læring. Det kan være flere grunner til disse positive funnene, blant annet kan det ha vært viktig at elevene fikk muligheten til å resonnerer vitenskapelig og gjenta forklaringen sin flere ganger under gallerivandringen. Elevene syntes også selv gallerivandringen var viktig, både for å vise kunnskap som ikke kom frem i tegneserien, og som en mulighet for å øve seg på muntlige forklaringer av fagstoffet. Videre inkluderte opplegget i tillegg til elevaktive arbeidsformer, også eksplisitt læring, som støttet elevene i form av gjennomgang på tavla, fagnotat og tegnekurs. I tillegg fikk elevene valgfrihet og høy autonomi, slik at de kunne ta utgangspunkt i det de visste fra før, og bygge den nye kunnskapen videre på det grunnlaget. En annen viktig faktor kan ha vært at elevene både ble eksponert for eventuelle egne og hverandres analogier, slik at de kunne velge dem som ga mest mening for dem. Det kan også ha vært avgjørende at jeg som lærer har god kjennskap til immunforsvaret, hvilket taler for at læreren må sette seg godt inn i fagstoffet som skal undervises.

Resultatene viser også at det estetiske og elevaktive arbeidet skapte motivasjon hos mange elev-typer, hvilket støtter tidligere forskning (Sæbø, 1998; Karlsen & Häggström, 2020; Matuk et al., 2021; Spiegel et al., 2013; Morrison et al., 2002; Hacklin & Prain, 2005; Quillin & Thomas, 2015; Hosler & Boomer, 2011; Adams, 2017). I tillegg skapte oppgaven et kunnskapsbehov som oppstod hos eleven, i motsetning til at læreren forteller elevene hva de skal lære og *hvordan* de skal lære det. Dette er en god mulighet til å øve seg på selvregulering, der elevene øver seg på å forstå hva de skal lære og sette seg oppnåelige mål.

Elevene produserte ulike typer tegneserier som varierte fra informative, med tyngde på fagstoff, til eventyr og historier med dronninger, drager og prinser som forsøkte å finne

sin Askepott. Det ble også utviklet fruktbare analogier som tydet på at det har skjedd en konseptuell forandring i tråd med tidligere rapporter (Gentner, 1983; Shapiro, 1985; Duit, 1991; Harrison & Treagust, 2006; Aubusson et al., 2006). Andre analogier fremsto mindre fruktbare og krevde mer oppklaring, noe det ikke var nok tid til, slik at det ble vanskelig å evaluere kunnskapen til elevene. Dette tilfører et krav til tidligere forskning som hevder at tegneserier er gode evalueringsverktøy dersom det akkompagneres med verbale forklaringer (Edlund & Balgopal, 2021); at det settes av nok tid, både til lesing av tegneserien og til elevenes forklaringer, dersom de verbale forklaringene er i muntlig form.

Elevenes forklaringer bar preg av at de manglet vitenskapelige forklaringsmetoder, enten ved at forklaringene framsto noe fragmenterte, eller at de antropomorfe trekkene som ble tilegnet cellene i tegneseriene, ble videreført til elevenes forklaringer av virkeligheten. Årsaker til dette kan være at elevene ikke ble eksponert for fagtekster med tradisjonelle vitenskapelige forklaringer, og at fagnotatets billedlige og levende språk inspirerte til en forklaringskultur i tråd med fagnotatet. I sum impliserer disse funnene at arbeidet med å transformere fagkunnskap til tegneserie-format, kan gå på bekostning av å lære seg vitenskapelige forklaringsmetoder. Dette kan være av særlig betydning dersom arbeidsmetoden skal benyttes på høyere nivå enn på 9. trinn.

10.1 Implikasjoner

Studien viser at estetiske arbeidsmetoder i naturfag gir godt læringsutbytte til ulike elevtyper, dersom elevene får tilstrekkelige mengder med støttestrukturer. Den høye autonomien kan være en katalysator for kreativitet og dybdelæring, men kan også virke overveldende på noen elever. De trenger derfor støtte, både i form av støttestrukturer som tegneseriekurs og fagnotat, og veiledning fra lærer. Det kan i tillegg være viktig å vise til mindre gode eksempler og/eller tegne mindre godt på tavla for å senke presset, særlig til fordel for elevene som er usikre på egne tegneferdigheter.

Det anbefales også å gjennomføre en avsluttende presentasjon, for eksempel i form av en gallerivandring. Det må imidlertid beregnes god nok tid til hver gruppe. Det må settes av tid til at publikum leser tegneserien, at elevene forklarer tegneserien sin, og til at lærer og klassen for øvrig stiller spørsmål, både rundt tegneserien og fagstoffet.

I tillegg bør læreren oppsummere hva som var bra med elevenes tegneserier i plenum, for eksempel gode virkemidler, analogier, morsomme historier og så videre. Selv gjorde jeg ikke dette, men det kan være nyttig for å forklare kloke og kreative analogier slik at elevene forstår dem riktig. I tillegg kan elevene bli inspirert av hverandres løsninger, samtidig som det er en fin måte å runde av et prosjekt på, ved å rose elevene for sitt arbeid.

10.2 Videre forskning

Til videre forskningsformål kunne det vært interessant å undersøke læringsutbyttet til elevene ved å gjennomføre en kunnskapstest før og etter undervisningsopplegget. Eldre forskning viser at manga har en positiv effekt på elevers langtidshukommelse (Nagata, 1999). Derfor kan det være interessant å gjennomføre kunnskapstesten flere uker, og også måneder, etter elevene har laget sine tegneserier. Det kan også gi nyttig innsikt å

utføre undervisningsopplegget i en biologiklasse på videregående, for å undersøke hvordan eldre elever opplever arbeidsmetoden.

En videreføring av opplegget kan være å gi elevgruppene hver sin sekvens av et naturfaglig fenomen, gjerne immunforsvaret, som de transformerer til en tegneserie. Tegneserienestripene settes så sammen til en helhetlig tegneseriebok som illustrerer det naturfaglige fenomenet. Da er det nok viktig at tegneseriestripene holder en rød tråd ved at de samme hovedkarakterene går igjen, og at de ulike celletypene og molekylene har samme utseende, slik at leseren kjenner dem igjen.

Det kan også være en idé å forsøke en annen presentasjonsform enn gallerivandring, for eksempel hel-klassepresentasjon, og undersøke hva det gjør med læringsutbyttet og motivasjonen til elevene. Eventuelt kan man undersøke arbeidsmetoden fra et lærerperspektiv; hvordan stiller naturfaglærere i norsk skole seg til å lede undervisning der elevene lager tegneserier for å lære om naturfaglige fenomen? Studien kan da gå mer i dybden på hvilke utfordringer og muligheter som oppstår fra lærerens side, og hvordan læreren bør utforme undervisningsopplegget.

Referanser

- Adams, E. (2017). Thinking drawing. *International journal of art & design education*, 36(3), 244-252. <https://doi.org/10.1111/jade.12153>
- Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 84(3), 261–271
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Eds.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives (Complete edition)*. Longman
- Anderson, K. T. & Kachorsky, D. (2019). Assessing students' multimodal compositions: An analysis of the literature. *English Teaching: Practice & Critique*, 18(3), 312–334. <https://doi.org/10.1108/ETPC-11-2018-0092>
- Antink-Meyer, A. & Lederman, N. (2015) Creative cognition in secondary science: An exploration of divergent thinking in science among adolescents. *International Journal of Science Education*, 37(10), 1547-1563.
- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science education* 333, 1096-1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Aubusson, P. J., Harrison, A. G. & Ritchie, S. M. (Eds.). (2006). *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.
- Austring, B. & Sørensen, M. (2006). *Æstetik og læring. Grundbog om æstetiske læreprosesser*. Hans Reitzels Forlag.
- Bauer, E. & Richter, V. (1986). Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung von Analogien und Analogieschlüssen. *Physik in der Schule* 24, 384-389.
- Berger, R. (2015). Now I see it, now I don't: Researchers position and reflexivity in qualitative research. *Qualitative research*, 15(2), 219-234.
- Berland, L. & Crucet, K. (2015). Epistemological trade-offs: accounting for context when evaluating epistemological sophistication of student engagement in scientific practices. *Science Education*, 0(0), 1–25. <https://doi.org/10.1002/sce.21196>
- Bransford, J. D., Brown, A.L. & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. National Academies Press.
- Braun, V. & Clarke, V. (2022). *Thematic analysis, a practical guide*. Sage publications.
- Bunge, M. (1973). *Method, model and matter*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-2519-5>
- Capra, F. (1997). *The web of life: a new scientific understanding of living systems*. Anchor Books, Doubleday.
- Cheesman, K. (2006). Using Comics in the Science Classroom: A Pedagogical Tool. *Journal of College Science Teaching*, 35(4), 48–51.
- Chi, V., Pennington, M. W., Norton, R.S., Tarcha, E.J., Londono, L.M., Sims-Fahey, B., Upadhyay, S.K., Lakey, J.T., Iadonato, S., Wulff, H. et al. (2012) Development of a sea

- anemone toxin as an immunomodulator for therapy of autoimmune diseases. *Toxicon* 59, 529–546
- Csikszentmihalyi, M. (2006). Foreword: developing creativity. *Developing creativity in higher education: An imaginative curriculum*, 18e19.
- Cuncliff, A. L. (2004). On becoming a reflexive researcher. *Journal of Management Education*, 28(4), 407-426.
- Dettmer, P. (2021). *Immune. A journey into the mysterious system that keeps you alive*. Hodder & Stoughton.
- de Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instr Sci.* 38,105–134.
- de Hosson, C., Bordenave, L., Daures, P.-L., Décamp, N., Hache, C., Horoks, J., Guediri, N. & Matalliotaki-Fochaux, E. (2018). Communicating science through the Comics & Science Workshops: the Sarabandes research project. *Journal of science communication*, 17(02), 1-20.
- Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of Cell Division Held by Student Teachers in Biology: A Drawing Analysis. *Scientific Res. Essays* 5(2), 235–247.
<https://doi.org/10.5897/SRE.9000654>
- Dombrowsky, T. A. & Frye, L. (2017). Preconceptions about the infection process among prenursing students. *American journal of infection control* 45(0), 330-332.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2016.10.020>
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education* 75(6), 649-672.
- Edlund, A.F. & Balgopal, M. M. (2021). Drawing-to-learn: active and culturally relevant pedagogy for biology. *Frontiers in communication* 6(7134829).
<https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.739813>
- Eikeland, O. (2012). Action research - applied, intervention, collaborative, practitioner or praxis research? *International Journal of Action Research*, 8(1), 9-44
https://doi.org/10.1688/1861-9916_IJAR_2012_01_Eikeland
- Ekeland, P. R., Johansen, O. I., Strand, S. B., Rygh, O. & Hesenget, A. B. (2008). *Tellus 10 - Naturfag for ungdomstrinnet*. Aschehoug.
- Emmet, J. (2017, 6. mars). *How do I make comics – a kids guide to the basics*. Jessica Emmet blogg. <https://www.jessica-emmett.com/downloads/how-do-i-make-comics-a-kids-guide-to-the-basics.pdf>
- Espeland, M., Allern, T.-H., Carlsen, K. & Kalsnes, S. (2011). Praktiske og estetiske fag og lærerutdanning. (1). Høgskolen Stord/Haugesund.
<https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/bitstream/handle/11250/152128/Rapport.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Evagorou, M. & Osborne, J. (2010). The role of language in the learning and teaching of science. I Osborne, J. & Dillon, J. (Red.), *Good practice in science teaching: what research has to say* (2. utg., s. 135-157). Open University Press.
- Folkhelseinstituttet. (2022, 20. mai). *Kopper og andre poxviridae-infeksjoner - veileder for helsepersonell*. <https://www.fhi.no/sm/smittevernveilederen/sykdommer-a-a/kopper-og-andre-poxviridae-infeksjo/?term=#7993593a-b237-428e-9f4c-5e7edb2d91c5-0>

- Folkehelseinstituttet. (2023, 14. oktober). *Ungdom og vaksine mot smittsom hjernehinnebetennelse*. <https://www.fhi.no/ss/hjernehinnebetennelse/vaksine-mot-smittsom-hjernehinnebetennelse/ungdom-bor-vurdere-a-vaksinere-seg-mot-smittsom-hjernehinnebetennelse/>
- Fraser, M. W. & Galinsky, M. J. (2010). Steps in intervention research: designing and developing social programs. *Research on social work practice* 20(5), 459-466. <https://doi.org/10.1177/1049731509358424>
- Freeman, W. H. (Red.). (2018). *Kuby Immunology* (8. utg.). MacMillan learning.
- Freund, N. T. (2021). Antibodies: what makes us stronger. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 17(10), 3551-3553. <https://doi.org/10.1080/21645515.2021.1929034>
- Friesen, J., Van Stan II, J. T. & Elleuche, S. (2018). Communicating science through comics: A method. *Publications* 6(3), 38. <https://doi.org/10.3390/publications6030038>
- Galinsky, A. D., Magee, J. C., Gruenfeld, D.H., Whitson, J.A. & Liljenquist, K.A. (2008). Power reduces the press of the situation: Implications for creativity, conformity, and dissonance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 95(6) (2008), 1450-1466.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (Red.). (1983). *Mental models*. Psychology Press.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(1), 55-170.
- Ghazal, I., & Hokayem, H. (2023). High school students' reasoning about the immune system in Beirut, Lebanon. *Research in Science & Technological Education*, 41(4), 1-25. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2209866>
- Glynn, S. M. (1989). The teaching with analogies model: Explaining concepts in expository texts. In K. D. Muth (Red.), *Children's comprehension of narrative and expository text: Research into practice* (s. 85-204) International Reading Association.
- Hackling, M. W. & Prain, V. (2005). *Primary connections. Stage 2 trial: research report*. (Rapport Australian Government, Department of education, science and training). Australian academy of science. <http://www.science.org.au/reports/primary-connections.pdf>
- Hanke, U. (2012). Generative Learning. I N. M. Seel. (Red.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. (s. 1356-1358). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_171
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). *Teaching and Learning with Analogies*. I P.J. Aibusson, A.G, Harrison & S. M. Ritchie (Red.), *Metaphor and Analogy in Science Education*. Science & Technology Education Library, (30. utg. s. 11-24) Springer Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3830-5_2
- Hine, G. S. C. (2013). The importance of action research in teacher education programs. *Issues in Educational Research*, 23(2), 151-163. <http://www.iier.org.au/iier23/hine.html>
- Hirayama, D., Iida, T. & Nakase, H. (2017). The Phagocytic Function of Macrophage-Enforcing Innate Immunity and Tissue Homeostasis. *Int. J. Mol.* 19(1), 92. <https://doi.org/10.3390/ijms19010092>
- Hovdenak, S. S. & Heldal, J. (2022). *Hva skjer med skolen? En kunnskaps sosiologisk analyse av nyere norsk utdanningspolitikk* (2. utg.). Fagbokforlaget.

- Hosler, J. & Boomer, K. B. (2011). Are comic books an effective way to engage nonmajors in learning and appreciating science? *CBE life sciences education*, 10(3), 309–317. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-07-0090>
- Hughes-Hassell, S. (2007). The leisure reading habits of urban adolescents. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 51(1), 22–33. <https://doi.org/10.1598/JAAL.51.1.3>
- Jakobsen, H. Ø. (2012, 8. april). *Den utryddede farsotten*. Forskning.no. <https://www.forskning.no/historie-sykdommer-vaksiner/den-utryddede-farsotten/714860>
- Jones, M. G. & Rua, M. J. (2008). Conceptual representations of flu and microbial illness held by students, teachers and medical professionals. *School Science and Mathematics* 108(6), 263-278. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2008.tb17836.x>.
- Karlsen, K. H. & Häggström, M. (2020). *Teaching through stories. Renewing the Scottish storyline approach in teacher education* (1. utg.). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830989868>
- Knutsen, B. & Reitan, B. (2020). *Vurdering, læringsstrategier og selvregulering*. Realfagsløyper. <https://realfagsloyper.no/sites/default/files/2020-06/Artikkel%20Vurdering,%20l%C3%A6ringsstrategier%20og%20selvregulering.pdf>
- Kunnskapsdepartementet (2017). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. Fastsatt som forskrift ved kongelig resolusjon. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020.
- Kunnskapsdepartementet (2019a). *Skaperglede, engasjement og utforskertrang. Praktisk og estetisk innhold i barnehage, skole og lærerutdanning*. https://www.regjeringen.no/contentassets/c8bbb637891443fea7971ba8e936bca4/skape_rglede-engasjement--og-utforskertrang.pdf
- Kunnskapsdepartementet (2019b). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (2. utg.). Gyldendal akademisk.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: language, learning and values*. Ablex Publishing.
- Leopold, C. & Leutner, D. (2012). Science text comprehension: Drawing, main idea selection, and summarizing as learning strategies. *Learning and Instruction*, 22(1), 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.05.005>
- Lindström, L. (2012). Aesthetic learning about, in, with and through the arts: a curriculum study. *International Journal of Art & Design Education* 31(2), 166-179. <https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.2012.01737.x>
- Madill, A., Jordan, A. & Shirley, C. (2000). Objectivity and reliability in qualitative analysis: Realist, contextualist and radical constructionist epistemologies. *British Journal of Psychology*, 91(1), 1-20.
- Marthinussen, K. T. (2022). *Begrepsbruk innenfor temaet immunforsvar og vaksinasjon i naturfaglige lærebøker på 10. trinn – en lærebokanalyse*. [FoU-oppgave]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

- Mason, L. & Zaccoletti, S. (2021). Inhibition and Conceptual Learning in Science: a Review of Studies. *Educational Psychology Review* 33(1), 181–212.
<https://doi.org/10.1007/s10648-020-09529-x>
- Matuk, C., Hurwich, T., Spiegel, A. & Diamond, J. (2021). How Do Teachers Use Comics to Promote Engagement, Equity, and Diversity in Science Classrooms? *Research in Science Education* 51, 685–732. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9814-8>
- McCloud, S., Harper, M., Stordal, H. I. & Leborg, A. (2016). *Hva er tegneserier*. Minuskel.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17, 249-263.
- McDermott, J. E., Partridge, M., & Bromberg, Y. (2018). Ten simple rules for drawing scientific comics. *PLOS Computational Biology*, 14(1).
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005845>
- Mellman I. (2013). Dendritic cells: master regulators of the immune response. *Cancer immunology research*, 1(3), 145–149. <https://doi.org/10.1158/2326-6066.CIR-13-0102>
- Morrison, T. G., Bryan, G. & Chilcoat, G. W. (2002). Using student-generated comic books in the classroom: designing their own comic books can help students develop their writing, comprehension, and research skills. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45(8), 758-767.
- Morse, J. M. & Field, P. A. (1996). The purpose of qualitative research. *Nursing Research*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-4471-9_1
- Nagata, R. (1999). Learning biochemistry through manga — helping students learn and remember, and making lectures more exciting. *Biochemical Education*, 27(4), 200–203.
[https://doi.org/10.1016/S0307-4412\(99\)00052-7](https://doi.org/10.1016/S0307-4412(99)00052-7)
- National Research Council. (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.
- Norsk Helseinformatikk. (2023, 3. januar). *Hjernehinne- og hjernebetennelse*.
<https://nhi.no/sykdommer/barn/infeksjoner/hjernehinnebetennelse>
- Oliveira, A. W., Brown, A. O., Zhang, W. S., LeBrun, P, Eaton, L. & Yemen, S. (2021). Teaching and Teacher Education 105, s. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103416>
- Pitura, J., & Chmielarz, D. (2017). «Creating a comic strip is very creative and thanks to it we learn and remember» - students perceptions of a biology challenge in a gamified extracurricular CLIL project. *Teaching English with Technology*, 17(3), 77–95.
- Peng, P., Tian, Y., Xiang, T., Wang, Y., Huang, T. (2016). Joint Learning of Semantic and Latent Attributes. In: Leibe, B., Matas, J., Sebe, N., Welling, M. (eds) Computer Vision – ECCV 2016. ECCV 2016. Lecture Notes in Computer Science(9908). Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-46493-0_21
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>.
- Quillin, K. & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE – life sciences education* 14(1), 1-16.
<https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128>

- Robin, O., Leblanc, B. & Dumais, N. (2021). Teaching Science Communication with Comics for Postgraduate Students. *Frontiers in Communication*, 6. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.758198>
- Robson, C. & McCartan, K. (2016). *Real world research* (4. utg.). Wiley.
- Rota, G. & Izquierdo, J. (2003). "Comics" as a tool for teaching biotechnology in primary schools. *Electronic Journal of Biotechnology* 6(2). <https://doi.org.10.2225/vol6-issue2-fulltext-i02>
- Ryen, A. (2012). Det kvalitative intervjuet: fra vitenskapsteori til feltarbeid. Fagbokforlaget.
- Scavone, P., Carrasco, V., Umpiérrez, A., Morel, M., Arredondo, D. & Amarelle, V. (2019). Microbiology Can Be Comic. *FEMS Microbiol*, 366. <https://doi.org.10.1093/femsle/fnz171>
- Scheiter, K., Schleinschok, K. & Ainsworth, S. E. (2017). Why sketching may aid learning from science texts: contrasting sketching with written explanations. *Topics in Cognitive Science*, 9(4), 1-17. <https://doi.org/10.1111/tops.12261>
- Scott, E. E., Anderson, C. W., Mashood, K. K., Matz, R. L., Underwood, S. M. & Sawtelle, V. (2018). Developing an analytical framework to characterize student reasoning about complex processes. *CBE Life Sciences Education*, 17(3), 1-14. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-10-0225>
- Seale, C. (1999). The quality of qualitative research. Sage.
- Shapiro, M. A. (1986). Analogies, visualization, and mental processing of science stories. *Annals of the International Communication Association*, 9(1), 339-355.
- Simonneaux, L. (2000). "A Study of pupils' Conceptions and Reasoning in Connection with 'Microbes' Contributes to Research in Biotechnology Education." *International Journal of Science Education* 22(6), 619-644. <https://doi.org.10.1080/095006900289705>
- Sjøberg, S. (2022). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk* (4. utg.). Gyldendal.
- Skagen, K. (red.) (1996). *Karakterboka: Om karakterer og vurdering i ny skole*, Universitetsforlaget.
- Spiegel, A. N., McQuillan, J., Halpin, P., Matuk, C., & Diamond, J. (2013). Engaging Teenagers with Science Through Comics. *Res. Sci. Educ.* 43, 2309-2326. <https://doi.org.10.1007/s11165-013-9358-x>
- Stuge T. B. (2024, 16. april). *Immunsystemet*. Store medisinske leksikon. <https://sml.snl.no/immunsystemet>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cogn Sci.* 12, 257-285.
- Sæbø, A. B. (2022). Drama og estetiske læreprosesser i alle fag? *Nordisk dramapedagogisk tidsskrift*, 59(2), s. 84-88.
- Tatalovic, M. (2009). Science comics as tools for science education and communication: a brief, exploratory study. *Journal of Science Communication* 8(4), 1-17.
- Terry, G. (2021). Doing thematic analysis. In E. Lyons & A. Coyle (Eds.), *Analysing qualitative data in psychology* (3. utg., s. 148-161). Sage.

- Uesaka, Y., Manalo, E. & Ichikawa, S. (2007). What kinds of perceptions and daily learning behaviors promote students' use of diagrams in mathematics problem solving. *Learn Instr.* 17, 322–335.
- Uesaka, Y. & Manalo, E. (2011). Task-related factors that influence the spontaneous use of diagrams in math word problems. *Appl Cogn Psychol.* 26, 251–260.
- Valanides, N., Efthymiou, I. & Angeli, C. (2013). Interplay of internal and external representations: students' drawings and textual explanations about shadow phenomena. *Journal of Visual Literacy*, 32(2), 67–84.
- Van Meter, P. & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: literature review and synthesis. *Educ Psychol Rev.* 17, 285–325.
- Veterinærinstituttet. (u.å.). Aviaer pasteurellose og hønsekolera. <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/aviaer-pasteurellose-og-honsekolera#:~:text=Avi%C3%A6r%20pasteurellose%20er%20en%20sykdom,skal%20straks%20rapporteres%20til%20Mattilsynet>.
- Weitkamp, E. & Burnet, F. (2007). The Chemedian brings laughter to the chemistry classroom, *International Journal of Science Education* 29(15), 1911-1929. <https://doi.org.10.1080/09500690701222790>
- Wilson, K. J. & Rigakos, B. (2016). Scientific Process Flowchart Assessment (SPFA): a Method for Evaluating Changes in Understanding and Visualization of the Scientific Process in a Multidisciplinary Student Population. *CBE Life Sci. Educ.* 15(4), <https://doi.org.10.1187/cbe.15-10-0212>
- Wilson, R. E. & Bradbury, L. U. (2021). Assessing early primary students' growth in a science unit using multiple modes of representation: investigating the promise of explicit drawing instruction. *International Journal of Science Education*, 43(8), 1341–1364. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1909774>
- World Health Organization. (u.å.). *Vaccines and immunization*. Hentet 19. mai 2024 fra https://www.who.int/health-topics/vaccines-and-immunization#tab=tab_1
- Wu, S. P. W. & Rau, M. A. (2019). How Students Learn Content in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Through Drawing Activities. *Educ Psychol Rev* 31, 87–120. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09467-3>

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide

Forskningsspørsmål	Hva jeg vil finne ut	Spørsmålsformulering	Eventuelle tillegg- og utdypningsspørsmål
Hvilken faglig forståelse av immunologi kommer til uttrykk gjennom elevenes forklaringer av egne tegneserier?	Hva som oppklares av det jeg fant uklart når elevene får muligheten til å forklare	Kan dere forklare hva som skjer i tegneserien deres? Hvorfor valgte dere denne analogien/sjangeren/karakteren?	Hvorfor gjorde dere slik? Og slik?
Hvordan formidler elevene sin faglige forståelse muntlig og gjennom tegneseriene?	Hva elevene har forstått av struktur/funksjon	Hvilken funksjon har de ulike karakterene dere har laget i immunforsvaret? Kan dere noe om funksjonen til noen andre immunceller- og molekyler?	
	Hva elevene har forstått av mekaniske interaksjoner	Dersom det ikke ble forklart i spørsmål 1: hvordan skjer de ulike interaksjonene dere har avbildet? Kan dere noe om noen andre interaksjoner i immunforsvaret?	
	Hva elevene har forstått av makro/mikro-relasjoner	Hvordan kan det vi har snakket om hittil kobles til meningococcus-vaksinen?	Dere nevnte inflammasjon (eller andre prosesser på mikro-nivå), hva er det, og hvordan kan man se det?
Hva er elevenes opplevelse av å produsere tegneserier for å lære i naturfag?	Om de føler de fikk vist sin faglige kunnskap igjennom tegneseriene	Føler dere at dere fikk vist deres faglige forståelse gjennom å lage denne tegneserien? Hvor viktig/uviktig var det å få muligheten til å forklare tegneserien til meg nå for å få vist deres forståelse?	

	.. eller tok produksjonen fokuset vekk fra fagstoffet?	Hvordan var det å fokusere på det faglige stoffet samtidig som dere skulle produsere tegneserien?	
	Om de oppnådde bedre forståelse av hva som skjer når man tar vaksine	Føler dere at dere lærte noe av aktiviteten?	Hva?
	Hva de synes om aktiviteten	Hvordan synes dere det var å jobbe slik?	Hvorfor? Kunne dere tenkt dere å jobbe mer med tegning i naturfag? På hvilken måte i så fall?
	Om de har erfaring med aktiviteten fra før	Har dere jobbet slik før? (I naturfag?).	Hvis ja: Hva gjorde det med opplevelsen at dere har laget tegneserier før?
	Hva de synes om naturfag	Hva synes dere om naturfag generelt?	Hvorfor?

Vedlegg 2: Fagnotat

Smittsom hjernehinnebetennelse

Folkehelseinstituttet anbefaler at ungdom i alderen 16-19 år vurderer å vaksinere seg mot meningokokksykdom (smittsom hjernehinnebetennelse). Meningokokksykdom oppstår når bakterien *Neisseria meningitidis* infiserer hjernen. Da får du høy feber, nedsatt almenntilstand med sløvhet og utslett med blødninger i huden. Hvis bakteriene kommer i blodet kan det i tillegg føre til blodforgiftning. De fleste blir friske etter behandling med antibiotika, men 10% dør.

Immunforsvarets historie

Vaksinen man kan ta mot meningokokk-bakteriene, sprøyter inn antigener i muskelen i armen din. Antigenene er små molekyler som sitter utenpå bakterie-veggene. Du har kanskje hørt at vaksiner inneholder svekkede virus? Ja, det kan de også gjøre, dersom det er et virus du vaksinerer deg mot. Det finnes ulike typer vaksiner, men mye av immunresponsen er den samme. Mekanismene som er beskrevet nedenfor er de overordnede prosessene som foregår i de fleste immunresponsene mot de fleste infeksjonene.

I kroppen din møter antigenene først på store, altetende immunceller: makrofager, som gjenkjenner antigenene som «fremmed», og aktiveres. Makrofagene drar seg selv ut og lar armene vokse for å ta tak i antigenene, svelge dem hele, for så å fordøye dem og bryte dem ned til små fragmenter. Dermed blir disse små fragmentene festet på overflaten til makrofagene. De pynter seg på en måte med bitene. Dette er et signal til andre immunceller om at en fremmed har kommet seg inn i kroppen.

En annen type immunceller, dendrittiske celler gjør samme greia (svelger, fordøyer og pynter seg med antigen-fragmentene, men de har en ekstra jobb. De er pendlere og budbringere, som reiser via lymfesystemet til lymfeknuter, for å varsle det tillærte (adaptive) immunforsvaret: T celler og B celler. Her finnes en T- og B-celle som har et spesifikt våpenet laget for å bekjempe alle mulige sykdommer i universet! Og alle fremtidige!

Den dendrittiske cellen hilser på hundrevis, kanskje tusenvis av, av T-hjelpecellene, helt til den treffer på T-hjelpecellen som matcher antigen-bitene den dendrittiske cellen har på overflaten sin. Det tar den dendrittiske cellen omtrent en dag å finne den riktige T cellen. T-hjelpecellen blir da aktivert, og begynner på sin arbeidsoppgave. Nemlig å finne den matchende B cellen. Når den finner den matchende B cellen, som også holder til i lymfeknuter, vokser den seg nesten dobbelt så stor – den blir en plasmacelle som produserer de siste, essensielle produktene, som skal få en ende på bakterieinfeksjonen, nemlig antistoffer. Antistoffene blir sendt via blodet for å finne antigener og bakterier, binde dem fast i klynger og immobiliserer dem. De markerer dem for destruksjon. Dermed kommer makrofagene med fornyet energi og destruerer bakteriene. Nå har det gått ca. 5-7 dager, og immunresponsen har slått til for fullt.

Når immuncellene dine har fått kontroll over bakteriene, destrueres de fleste immuncellene, fordi kroppen sparer energi ved å kvitte seg med celler den ikke har bruk for lenger. Men noen T og B celler blir hengende igjen og omgjøres til hukommelsesceller. Dersom den samme bakterien skulle finne på å infektare kroppen din, på naturlig måte neste gang, så vil hukommelsescellene slå til med full kraft, både raskere og kraftigere enn forrige gang, slik at du kanskje ikke engang merker at du er blitt smittet. Gratulerer, du har nå blitt immun.

En ting som er viktig å huske angående vaksiner, er at det ikke sprøytes inn friske, velfungerende bakterier (eller virus når vaksinen skal bekjempe et virus). Det sprøytes inn en svekket versjon av mikro-organismen, som har blitt svekket ved at man for eksempel har sendt masse stråling på dem. Målet med vaksiner er å sette i gang en immunrespons, lik som den forklart ovenfor. Når du får vaksinen kan du derfor føle deg litt syk samtidig som kroppen produserer antistoffer og litt senere: hukommelsesceller. Det bidrar også til å skape flokkimmunitet i samfunnet, slik at mennesker som tåler sykdommer dårligere, og ikke kan vaksinere seg, beskyttes.

Vedlegg 3: Mini-tegnekurs

Tegnekurset er basert på tabellen i vedlegg 4. Formatet er inspirert av Jessica Emmet ² (2017).

² <https://www.jessica-emmett.com/downloads/how-do-i-make-comics-a-kids-guide-to-the-basics.pdf>

Hvordan lage en vitenskapelig tegneserie

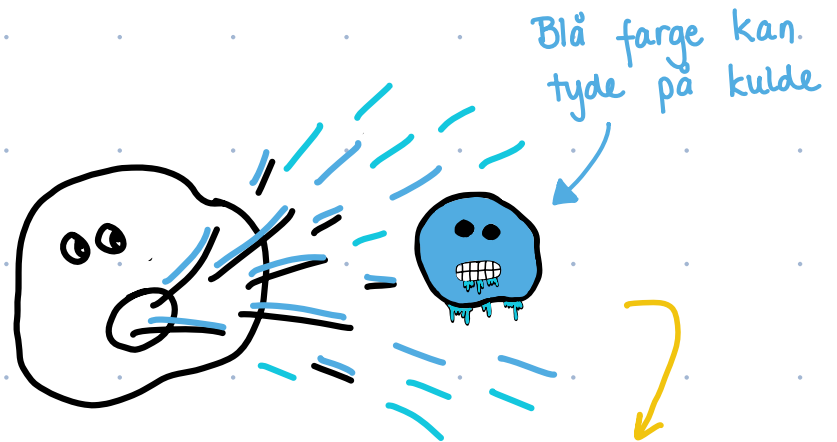
PS! Må ikke nødvendigvis følges i rekkefølgen som er satt

① VELG HVA SOM SKAL FORTELLES, OG HVORDAN

- * Planlegg historien: Hva skal skje og når skal det skje?
- * Hvilken sjanger skal tegneserien være? Opplysende / actionfylt / humoristisk / hverdagslig / andre ting?

② DESIGN KARAKTERER

- * Hvilke egenskaper skal de ha?
- * Hvordan skal de se ut?

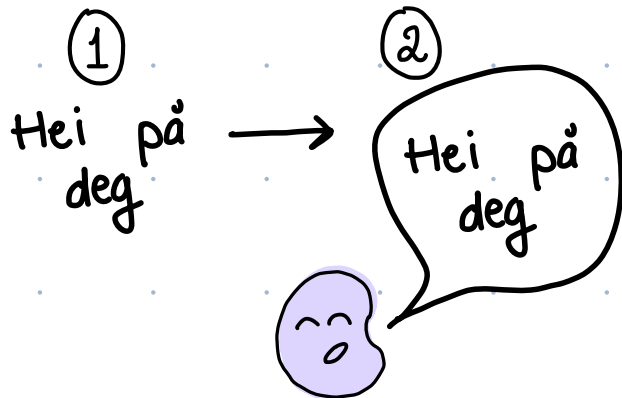
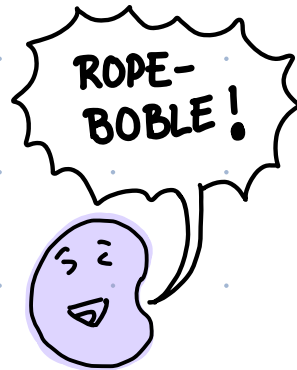
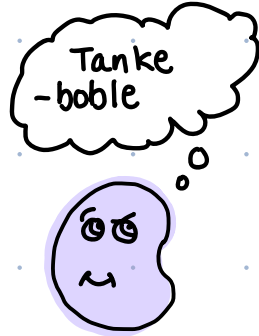


Humør, holdninger og følelser kan uttrykkes i ansiktsuttrykk, gestikulering, bevegelse, dialog, farger, og sikkert andre ting!

③ SKRIV MANUS

★ Hva skal sies - av hvem - og når ?

★ Husk ulike bobler :



Skriv teksten først, så tegn boblen.
La det være rom mellom tekst og boble.

Fortellerbokser kan brukes der man trenger tredje-persons-beskrivelser :



MANUS

PANEL 1:

[Vi ser makrofager som svelger antigener]

Makrofager : "Nam nam !"

PANEL 2:

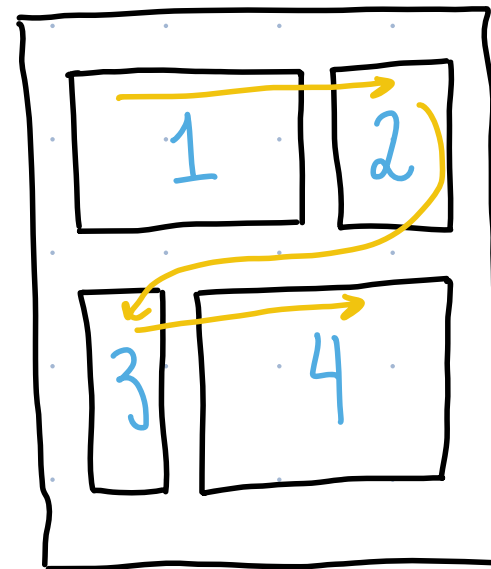
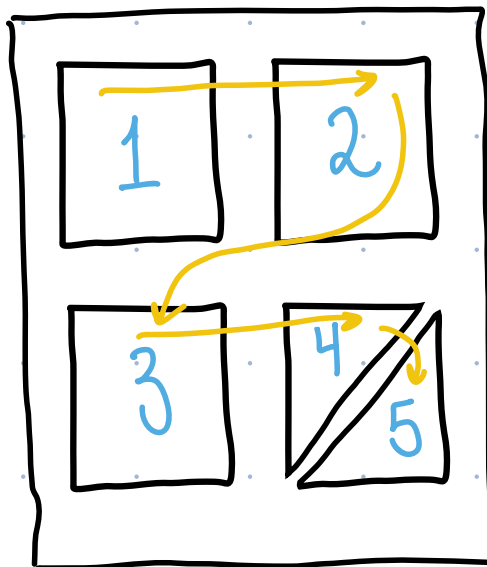
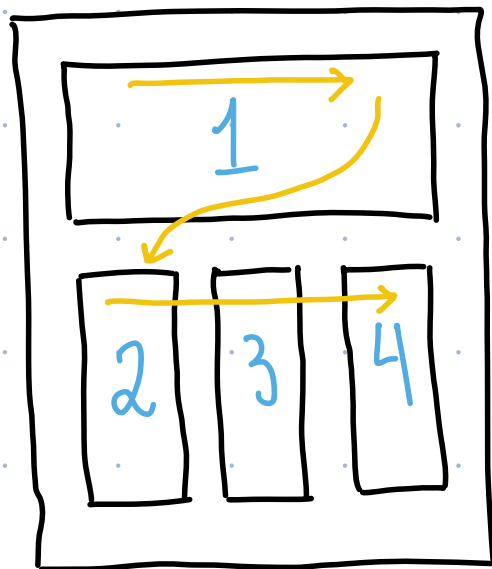
[Vi ser

Forteller-boks : ""

...

④ PANEL UTFORMING

Enkleste lesemonster går fra rad til rad

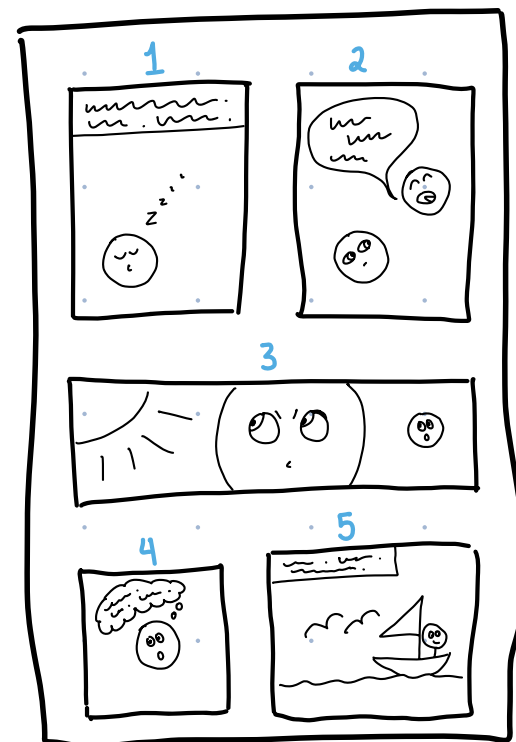


Dette er bare eksempler - dere bestemmer!

⑤ SKISSER TEGNESERIEN

* Inkluder paneler, dialog, karakterer og tegninger i forgrunn / bakgrunn

* Bruk blyant når dere skisserer, så fine-tip-penn, hvisk ut overfladiske blyant-strøk, og fargelegg til slutt.



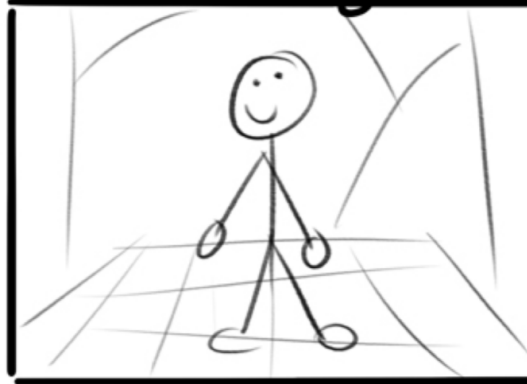
⑥ TEGNETIPS

* Bruk ulike vinkler for en mer dynamisk tegneserie

Very wide
(more background)



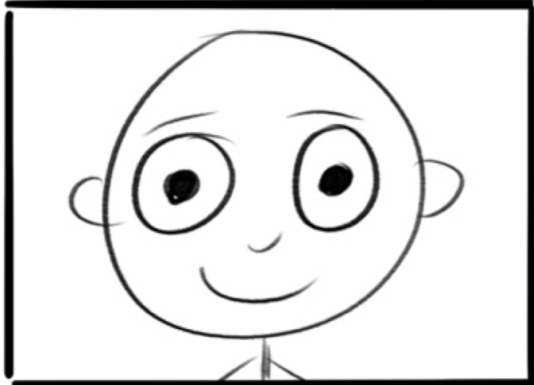
Wide
(full body)



Mid
(1/2 body or head + shoulders)



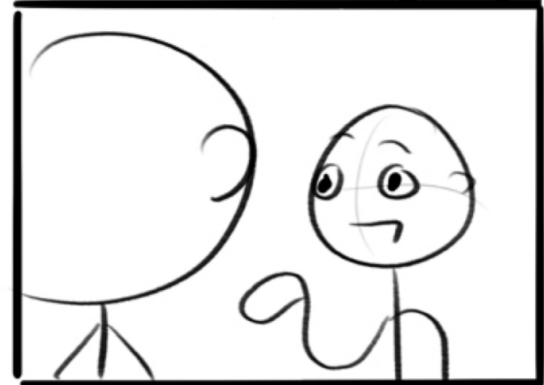
Close up
(use sparingly)



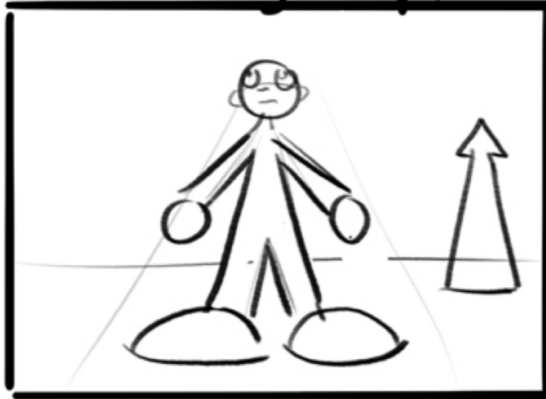
Very close up
(use rarely)



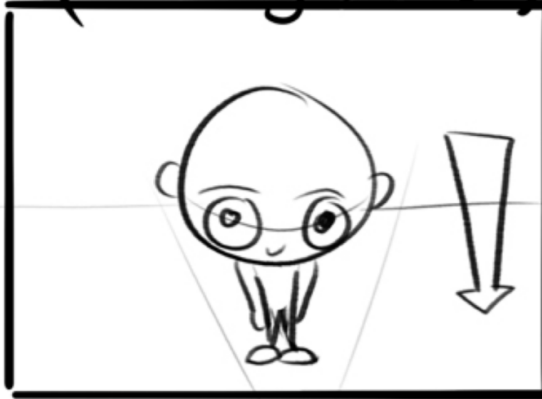
Over the
Shoulder (OS)



Low
(looking up)



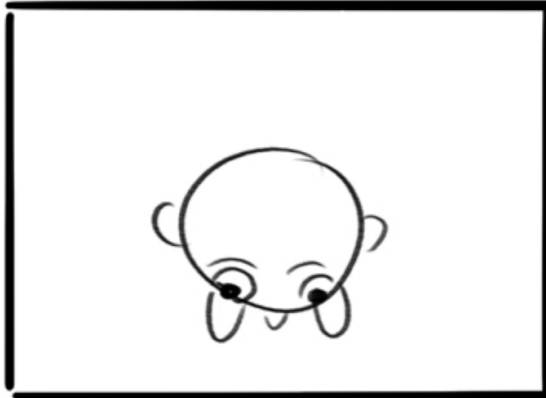
High
(Looking down)



(towards camera)



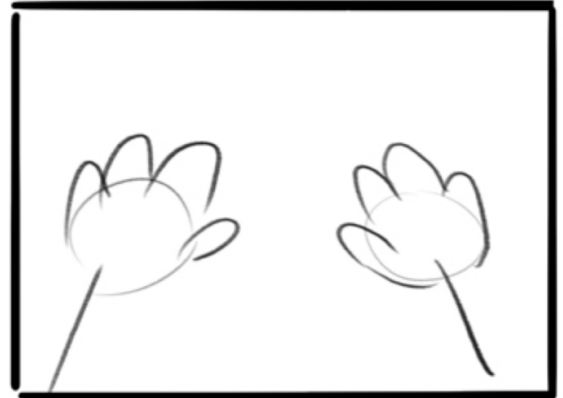
Birds eye view



(use blur or
action lines)



Point of view (POV)



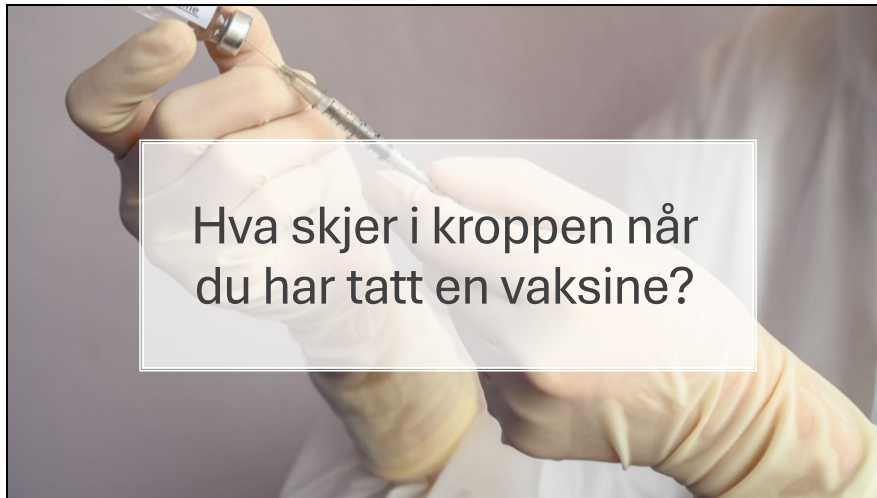
Vedlegg 4: Tegneteknikker og -tips

Generelle tips	Forgrunn/bakgrunn	Karakterer	Penn og farge	Kameravinkel	Fortelling
Hold tegningene enkle	Illustrasjoner som skal foregå i forgrunnen skal tegnes større og mer detaljert enn illustrasjoner som foregår i bakgrunnen	Karakterer øker engasjement, lag karakterer med personlighet	Bruk svak blyant først også gå over med sterkere penn eller lignende	Tegn fra ulike visuelle perspektiver for å lage en mer interessant, dynamisk historie	Fortell en historie, start med å personifisere elementer, så planlegger du historien du skal fortelle
Vitenskapelige tegneserier skal gjøre kompliserte idéer enklere å forstå, finn ut hva som kan fjernes	Bakgrunnen komplementerer ofte hovedhandlingen, eller kan være selve handlingen, for eksempel en brann der hele panelet er gult og oransje	Humør, holdning og følelser kan uttrykkes i ansiktsuttrykk, gestikulering og bevegelse	Legg til farger som fremhever humør og stimulerer interesse	Nærbilder drar oppmerksomheten mot detaljer	Fortellerboks viser tredjeperson kommentarer som beskriver handlingen
Gjør det riktig, ikke perfekt. Bruk tiden på å sikre at du har forstått vitenskapen riktig.	For mange bakgrunns detaljer kan senke og distrahere leseren				Dialog ballonger viser ord og tanker
Bruk kreativiteten din!	Dersom detaljene er tegnet i forrige panel, kan man sløyfe bakgrunns detaljene og tegne karakterene mot en hvit bakgrunn				Lydeffekter skrives uten noen form for innramming

Tabellen er omformulert og bearbeidet etter Morrison et al. (2002), McDermott et al. (2018) og Friesen et al. (2018).

Vedlegg 5: Lysbildefremvisning (totalt 14 lysbilder)

Lysbilde 1



Tenk 30 sek, del i par 1 min, del i plenum 5 min.

Spør helt åpent **og skriv ned svarene du får!**

Si etterpå at det skal vi prøve å forstå med dette arbeidet!

“For å forstå det, må vi forstå hvordan kroppen bekjemper sykdom når de blir smittet på vanlig måte”

Lysbilde 2

IMMUNFORSVARET-TEGNERIE OPPGAVE

1. Dere skal i makker-par lage en tegneserie på et A4-ark der dere illustrerer en del av immunforsvaret
 2. Dere skal få et faglig notat som forklarer hva som skjer i kroppen når man tar vaksine, som dere bruker som utgangspunkt for tegneserien
 3. Dere får utdelt et hefte som forklarer hvordan man skal lage en vitenskapelig tegneserie og noen tegne-tips
- Dere står fritt til å bruke humor og lage egne karakterer og bruke analogier for å gjøre tegneserien både interessant og lærerik
 - Dere velger selv sjanger; informativ, humoristisk, spenning eller andre ting. Dere kan også blande.
 - Ta bevisste valg og vær klar for å argumentere for valgene dere gjør.

Lysbilde 3

TIPS OG TRIKS

1. Du trenger ikke å være kunstnerisk, tegneserier skal først og fremst hjelpe folk å forstå en idé
2. Vitenskapelige tegneserier skal være enkle, de skal gjøre kompliserte idéer enkle å forstå
3. Gjør det riktig, ikke perfekt – bruk tiden på å sikre at du har forstått vitenskapen riktig og på å formidle kompliserte idéer på en enkel måte
4. Karakterer øker engasjement – gi cellene og molekylene (over/)menneskelige evner!
5. Fortell en historie – planlegg historien du skal fortelle. Hva skal skje i de ulike delene?
6. Vær kreativ!
7. Lag skisse! Inkluder hvor karakterene og teksten skal være i rammen, hvordan panelene skal arrangeres og hva teksten/dialogen skal si.
8. Dersom du skal bruke humor: Husk at forskjellen mellom en god vits og en dårlig kan være så lite som én formulering.

Lysbilde 4

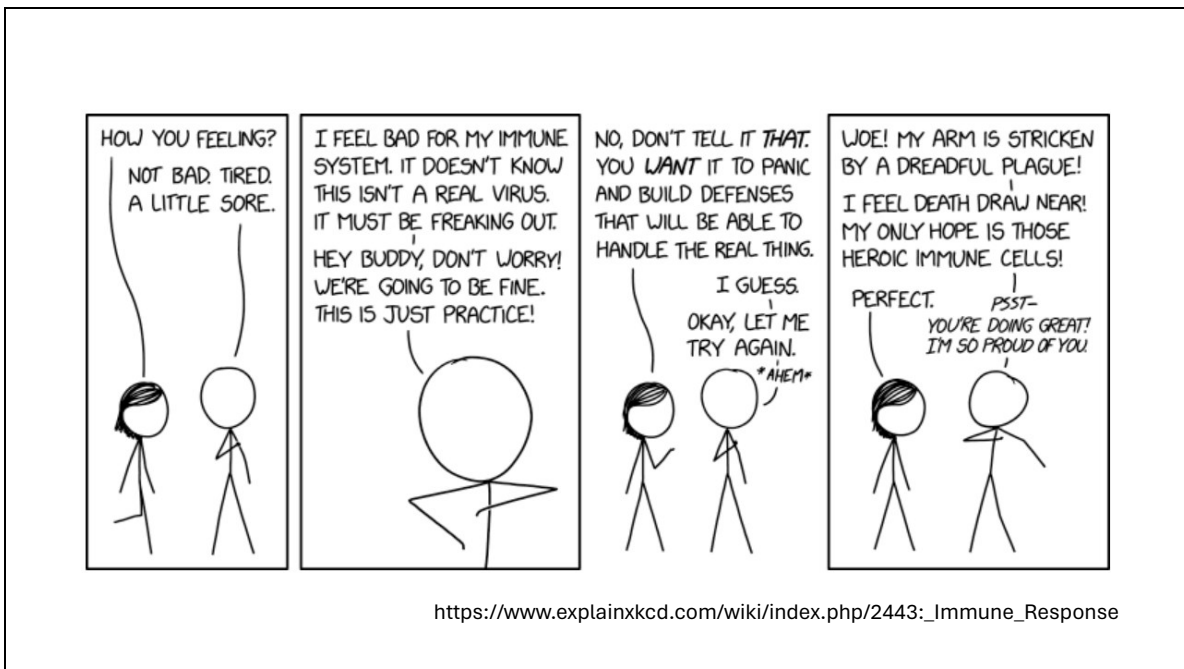
EKSEMPLER

Lysbilde 5



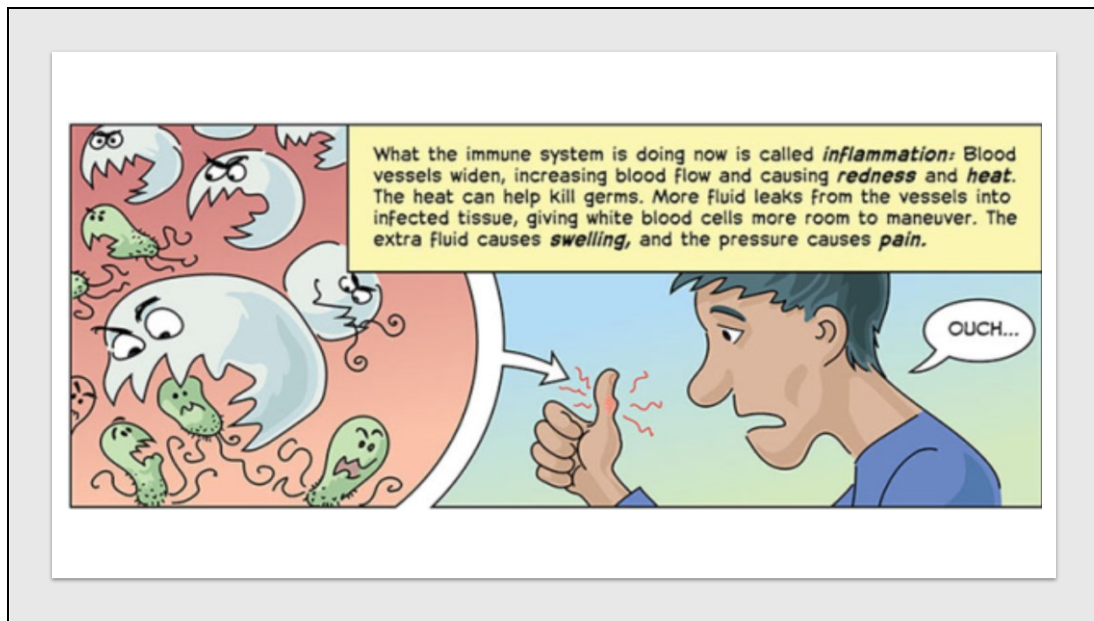
Her brukes analogier. Kroppsdelene er klubber som single (glukosene) ikke kommer inn på. Det nederste bildet er nærmere, og det dukker opp en lege som forklarer hva som skjer.

Lysbilde 6



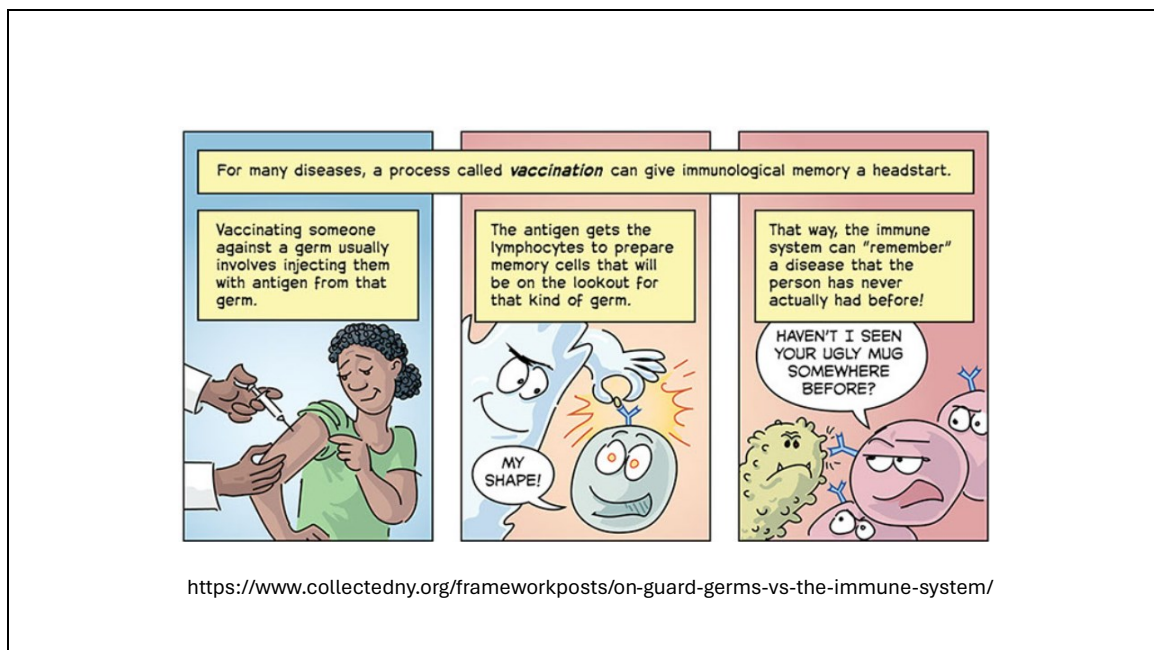
Og her er strekmenn som snakker om vaksine.

Lysbilde 7



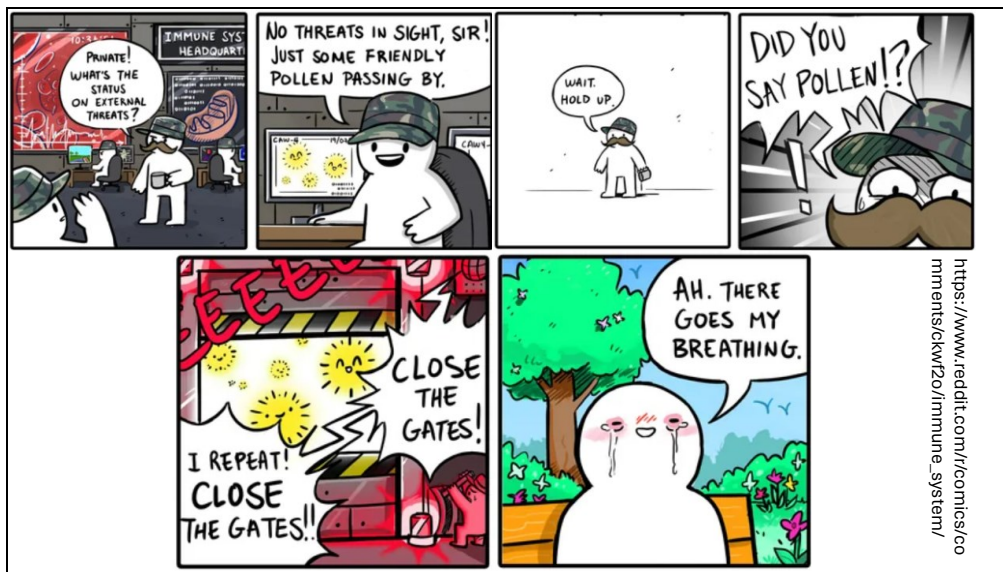
Dette er en veldig informativ tegneserie, der nesten all teksten står i tredje-persons-forteller-bobler.

Lysbilde 8



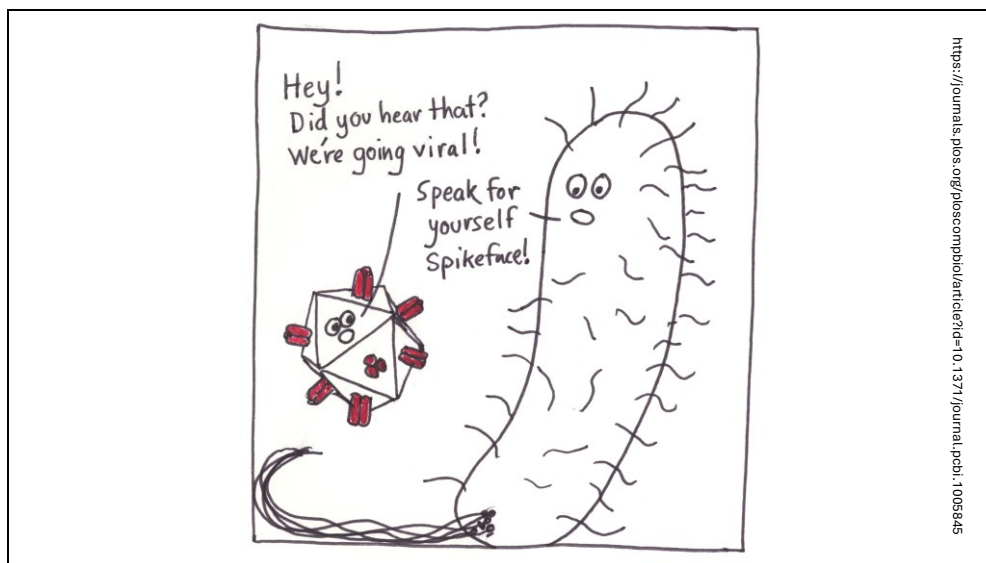
Cellene gis ansikt, følelser og tale-evne. Sykdomsvesenet (virus, bakterie eller lignende) har svarte, små øyner, istedefor store, hvite og «hogg-tenner». Dette gir et litt eklere uttrykk.

Lysbilde 9



Her er immuncellene avbildet som hvite, menneskelignende karakterer som jobber i «immunsystemets hovedkontor», og overvåker både kroppen og utsiden.

Lysbilde 10

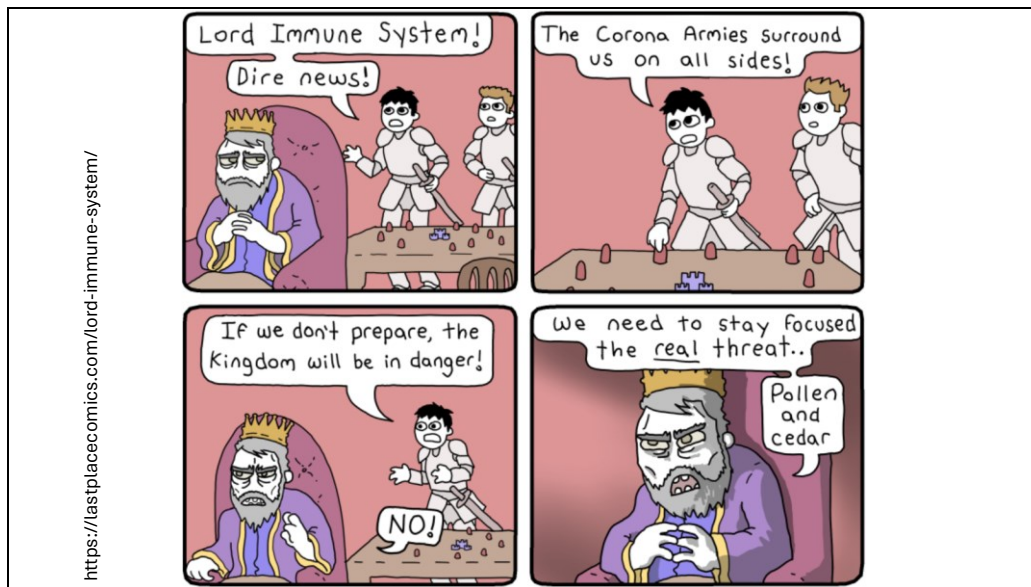


Her er noen enklere tegninger av virus og bakterie.

McDermott et al. (2018)

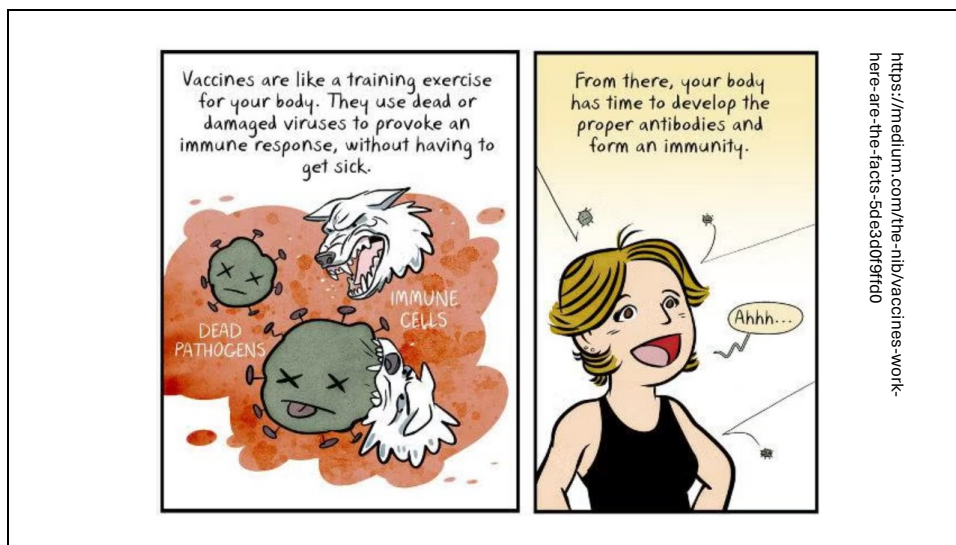
<https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1005845>

Lysbilde 11



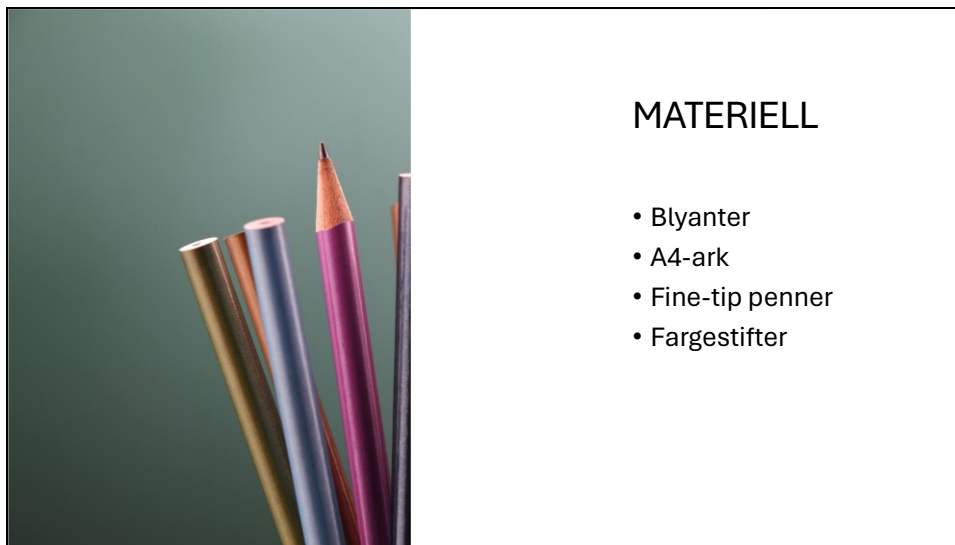
Her er immuncellene soldater.

Lysbilde 12

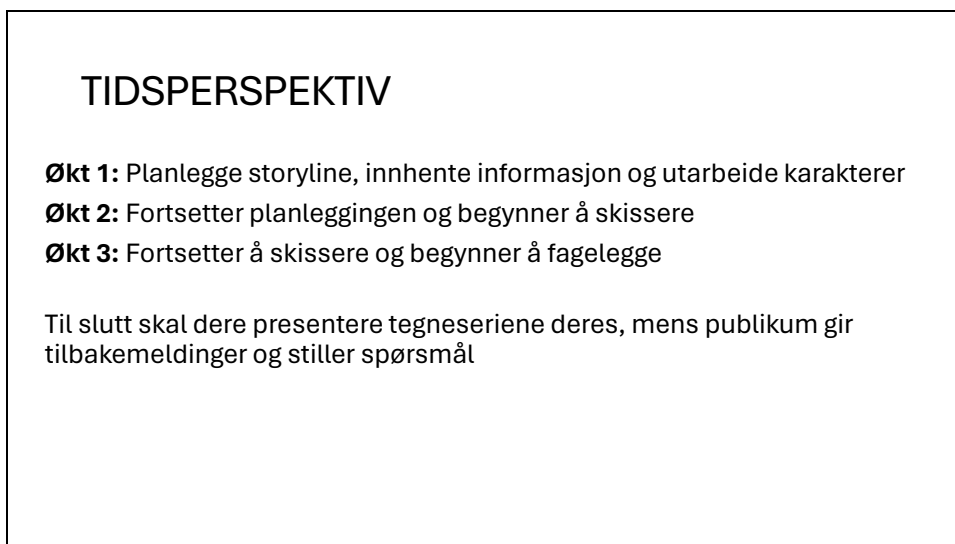


... og her er immuncellene hvite ulver.

Lysbilde 13



Lysbilde 14



Dere må være flinke til å markere ukjente ord og navn, og google for å finne ut hva de er!
Gjerne også finn ut hvordan de ser ut, men husk at de ikke **må** se helt slik ut i tegneserien deres.
Tegneseriene blir vurdert basert på vitenskapen og fremføringen dere har.

Vedlegg 6: Refleksivitetsnotat

Jeg har selv aldri laget tegneserier på skolen, heller ikke i naturfag. Likevel dukket idéen opp som et resultat av at jeg hadde bestemt meg for at jeg ville velge en metode som ikke involverte teknologi i særlig stor grad. Jeg ville også velge et didaktisk verktøy som ville hjelpe elevene å forstå temaet, og som er inkluderende for flere elev-typer, ikke bare de skriftlig sterke elevene. Dermed ble tegning aktuelt. Senere kom idéen om å lage en tegneserie for å forstå den mest grunnleggende immunresponsen, da responsen foregår i faser. Jeg ønsket å undersøke hvordan konstruering av tegneserier kan bidra til å forstå disse fasene ved å illustrere dem i seriens paneler som en historie.

Mine forventninger til funnene er at elevene lærer seg immunforsvaret i grove linjer, og får med seg funksjonen til de viktigste cellene og essensielle interaksjoner. Jeg forventer at arbeidet vil oppleves meningsfullt for ulike elev-typer, også de som ikke er så glad i naturfag eller ikke er særlig skriftlig sterke.

Jeg er informantenes lærer, hvilket vil ha en påvirkning på intervjuene. Noen vil sannsynligvis prøve å imponere meg med kunnskapen sin, og være redd for å eksponere kunnskapshull. Jeg tror jeg har knyttet trygge, personlige bånd med elevene, men de glemmer nok ikke at jeg er læreren deres, og at jeg setter terminkarakterene deres til sommeren. Jeg er opptatt av at de skal føle seg trygge og ikke sette dem ut ved å stille vanskelige spørsmål. Spørsmålene mine vil nok avhenge av hvordan eleven håndterer intervjuet, og om jeg merker at jeg kan utfordre elevens besvarelser og kunnskap eller ei. Videre, ønsker jeg at elevene skal gjøre det bra i fagene mine, hvilket kan påvirke hvordan jeg vurderer arbeidet deres dersom jeg ikke er bevisst.

Som lærerstudent ønsker jeg også at forskningen skal være vellykket, og at jeg skal kunne konkludere med at den didaktiske metoden fungerte godt. Jeg må huske på at det er ikke et spørsmål om det fungerer bra eller dårlig, men *hvordan* det fungerer, *hvorfor* det fungerer slik og i *hvilke* situasjoner det fungerer. Denne dobbeltrollen som lærer og lærerstudent har kanskje gjort at jeg har en mer praktisk tilnærming til masteren, og er ekstra opptatt av implikasjoner for undervisning, samtidig som jeg har vært opptatt av å benytte muligheten godt til å lese teori som jeg er ivrig på å teste ut i virkeligheten.

Vedlegg 7: Vurderingsskjema fra SIKT

Vurdering av behandling av personopplysninger

Referansenummer

459669

Vurderingstype

Standard

Dato

12.02.2024

Tittel

Elevs produserte tegneserier om immunforsvaret

Behandlingsansvarlig institusjon

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

Prosjektansvarlig

Helena Bichao

Student

aurora brovold

Prosjektperiode

22.01.2024 - 01.07.2024

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 01.07.2024.

[Meldeskjema](#) 

Kommentar

Personverntjenester har vurdert endringene registrert i meldeskjemaet 09.02.2024.

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg. Behandlingen kan fortsette.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

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

Lykke til videre med prosjektet!

Vedlegg 8: Samtykkeskjema fra SIKT

Vil du delta i forskningsprosjektet «Elevs produserte tegneserier om immunsystemet»?

Formålet med prosjektet

Dette er et spørsmål til deg om du vil delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å

- Undersøke hvordan elever opplever å lage tegneserier om menneskers immunrespons, og hvordan de lærer gjennom arbeidet
- Bruke funnene i min masteroppgave
- Bruke de anonyme dataene til eventuell videre/annen forskning senere

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du får denne forespørselen fordi du er elev på ungdomsskolen.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

NTNU er ansvarlig for personopplysningene som behandles i prosjektet.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Hva innebærer det for deg å delta?

- All deltakelse er anonym, ditt navn vil ikke brukes eller knyttes til noe av ditt arbeid eller dine utsagn
- Å svare på en spørreundersøkelse på forhånd (ca. 5-10 minutter)
- Å delta som vanlig i undervisningstimene, og å la forskeren/læreren ta en kopi av tegneserien du produserer til forsknings-formål. Alle i klassen skal være med på opplegget, men kun arbeidet til noen tilfeldige av de som leverer dette meldeskjemaet med underskrift vil brukes i prosjektet.
- Sannsynlighet for at du blir trukket ut til å delta på intervju i etterkant av arbeidet med tegneserien. Lyd tas opp. Dette vil foregå i skoletiden. Intervju brukes ikke til vurderingsformål.
- Foreldre kan be om å få se intervjuguide på forhånd.

Kort om personvern

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler personopplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Du kan lese mer om personvern på neste side.

Med vennlig hilsen

Helena Bichao
(Veileder)

Aurora Brovold
(Student)

Utdypende om personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Det er kun meg (Aurora), veileder og co-veileder som vil ha tilgang til personopplysningene (lydopptakene). Navn og kontaktopplysninger erstattes med koder, og lydfiler krypteres. Deltakerne vil ikke kunne gjenkjennes i masteroppgaven, eller i andre eventuelle publikasjoner datamaterialet brukes til. Noen av tegneseriene vil publiseres, men uten navn eller annen personlig informasjon tilknyttet.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NTNU har personverntjenestene ved Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør, 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:

- å be om innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og 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.

Vi vil gi deg en begrunnelse hvis vi mener at du ikke kan identifiseres, eller at rettighetene ikke kan utøves.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes 1.07.2024. Opplysningene (lydfilene) vil da slettes. Veileder få tilgang til datamaterialet, og er videre ansvarlig.

Spørsmål

Hvis du har spørsmål eller vil utøve dine rettigheter, ta kontakt med:

- Helena Bichao telefon 73412848 eller mail helena.bichao@ntnu.no
- Aurora Brovold telefon 45428372 eller mail auroradb@ntnu.no

Vårt personvernombud:

- Thomas Helgesen telefon 93079038 eller mail thomas.helgesen@ntnu.no

Hvis du har spørsmål knyttet til Sikts vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt på e-post: personverntjenester@sikt.no, eller på telefon: 73 98 40 40.

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Elevs produserte tegneserier om immunresponsen», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju der lyden tas opp
- at arbeid jeg har gjort i forbindelse med prosjektet publiseres anonymt
- å delta i en spørreundersøkelse før prosjektets start (5-10 min)

Jeg samtykker til at opplysninger om mitt barn,
_____ (sett inn navn på barnet)
behandles frem til prosjektet er avsluttet.

(Underskrift foresatt/verge)

