

# Elevers forståelse av og begreper om drivhuseffekten *i naturfaget på ungdomstrinnet*

Mari Robstad Guttormsen



Masteroppgave  
Lektorprogrammet i realfag  
30 studiepoeng

Fysiske institutt  
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

Mai 2022



© Mari Robstad Guttormsen

2022

Tittel: Elevers forståelse av og begreper om drivhuseffekten i naturfaget på ungdomstrinnet

Forfatter: Mari Robstad Guttormsen

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

# Sammendrag

Drivhuseffekten er en av betingelsene for livet på jorda. Vi står nå ovenfor store, globale klimaproblemer, hvor konsekvensene kan bli alvorlige. Det er derfor viktig å ha kunnskap om årsakene og konsekvensene av problemene, samt hva vi kan gjøre for å begrense problemene mest mulig, altså hvordan vi kan gjøre samfunnet mer bærekraftig.

Formålet med denne masteroppgaven er å sette søkelyset mot ulike aspekter ved drivhuseffekten som prosess som kan være utfordrende for elever på ungdomstrinnet. I tillegg vil elevers forståelser og misoppfatninger som går igjen hos flere elever bli analysert og diskutert. Det er også et ønske om at masteroppgaven skal være med på å bevisstgjøre hva som kan være utfordrende for elever å lære om drivhuseffekten, og dermed hvordan man kan bedre legge til rette undervisning om det.

Problemstillingen er «Hvordan er ungdomsskoleelevers forståelse av sentrale begreper og prosesser knyttet til drivhuseffekten i kontekst av Viten-programmet *Klimaendringer?*», som inkluderer to forskningsspørsmål som er «Hvilke forståelser av og begreper om drivhuseffekten kommer til uttrykk gjennom elevers skriftlige svar i Viten-programmet *Klimaendringer?*» og «På hvilke områder viser enkeltelever utvikling i forståelsen av og begreper om drivhuseffekten fra oppgavesvar i starten til oppgavesvar lengre ut i Viten-programmet *Klimaendringer?*».

Datamaterialet består av elevsvar fra Viten-programmet *Klimaendringer*. Elevsvarene ble abduktivt kodet og deretter ble det gjort en tematisk innholdsanalyse. Elevsvarene ble analysert i to retninger: I den ene retningen ble det sett på elevgruppens tendenser og fellestrekk ved forståelse av drivhuseffekten. I den andre retningen ble det sett på enkeltelevers utvikling.

Resultatene viser blant annet at elevene hadde manglende forståelse når det kom til at det er varmestråling fra jorden som blir absorbert i atmosfæren, og ikke stråling fra solen. I tillegg viste resultatene at prosessen «absorpsjon» virket vanskelig for elevene. De brukte oftere hverdagslige ord for «absorpsjon» enn å bruke selve begrepet. Da elevene skulle foreslå tiltak til reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp, kom det frem at flere tiltak var på individnivå enn samfunnsnivå.

I diskusjonen elevenes forståelse av drivhuseffekten diskutert i lys av teori og tidligere forskning. Det blir blant annet diskutert hvorvidt det er nødvendig at elevene har en detaljert forståelse av drivhuseffekten som prosess og dens komponenter. I tillegg ble det diskutert mulige årsaker for hvorfor elevene oftere nevnte tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp på individnivå enn samfunnsnivå, samt hvorfor det er viktig at tiltak på samfunnsnivå kommer frem.

I masteroppgaven blir det konkludert at de aller fleste elevene som gjennomførte *Klimaendringer* har en generell forståelse rundt drivhuseffekten, men det er enkelte komponenter som virker for omfattende. Det konkluderes med at dersom elevene får en god innføring i stråling og har en forståelse for forskjellen mellom inngående og utgående stråling, vil flere misoppfatninger ved enkelte komponenter ved drivhuseffekten unngås.

# Forord

Som elev syntes jeg naturfagene var spennende, men jeg syntes det var vanskelig å tilegne meg nye begreper og bruke dem i riktig kontekst. I senere tid fikk jeg diagnosen dysleksi, noe som kan ha vært med på å gjøre begrepsforståelsen og begrepsbruken enda vanskeligere. Som student ser jeg på fagbegreper som en ressurs, både for å få et mer vitenskapelig og troverdig språk, mer korrekte forklaringer og for å komprimere tekster fra lange beskrivelser til få fagbegreper. Som fremtidig lærer ser jeg på fagbegreper som nødvendig og viktig, da fagbegreper er med på å øke forståelsen rundt det man hører, leser, sier og skriver.

Jeg har derfor valgt å skrive masteroppgave som omhandler elevers begrepsforståelse innenfor klima og drivhuseffekt, da både begrepsforståelse og temaene klima og drivhuseffekt er viktig for elevers fremtid.

Senere skal jeg jobbe som lærer på en ungdomsskole på Oslos østkant, hvor de har stort fokus på lesing, leseforståelse og begrepsbruk. Dermed vil også dette være en stor motivasjon for å sette meg ordentlig inn i denne studien.

Takk til:

Ellen Karoline Henriksen som har vært min nærmeste veileder under masteroppgaven, hvor hun har kommet med råd, tips og lest gjennom utallige utkast av masteroppgaven min.

Maria Vetleseter Bøe som har kommet med gode råd til masteroppgaven, samt positiv oppmuntring til veien videre.

Wenche Erlien og Øystein Sørborg som er utviklere av Klimaendringer. De har stilt som medveiledere, kommet med gode tips til masteroppgaven, samt hjulpet til med data og støtte fra Viten-programmet «Klimaendringer».

Medstudenter som har vært gode samarbeidspartnere gjennom hele lektorstudiet, samt kommet med oppmuntrende ord, glede, diskusjon og pauser både under masteroppgaven og resten av lektorprogrammet. Dette hadde ikke gått uten et så godt samhold og samarbeid.

Samboer, Ole Alexander Kemkers, som har stilt opp, både faglig og personlig.

Tidligere fysikklærer ved Vennesla VGS, Kristine Lohne, som gjorde undervisningen spennende og gøy i 2013-2014. Du har vært en stor inspirasjonskilde.

# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>IV</b>
<b>FORORD .....</b>	<b>VI</b>
<b>1 INNLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMSTILLING .....	1
1.2 RELEVANS AV PROBLEMSTILLINGEN .....	2
1.3 BAKGRUNN FOR MASTEROPPGAVEN .....	2
<b>2 TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1 DRIVHUSEFFEKTEN .....	4
2.1.1 Jordens atmosfære.....	4
2.1.2 Stråling .....	6
2.1.3 Jordens drivhuseffekt.....	9
2.2 KLIMA OG KLIMAENDRINGER.....	10
2.2.1 Global oppvarming.....	10
2.2.2 Klimaendringer: Havet og havnivået .....	10
2.2.3 Bærekraftig utvikling.....	12
2.2.4 SSI – Sosiovitenskapelige problemstillinger .....	13
2.3 NATURVITENSKAPENS SPRÅK .....	14
2.3.1 Begrepsbruk.....	17
<b>3 TIDLIGERE FORSKNING.....</b>	<b>19</b>
3.1 KLIMA OG DRIVHUSEFFEKT.....	19
3.1.1 Tiltak for, og tro på, en bedre fremtid.....	20
3.2 SPRÅK OG BEGREPSBRUK .....	21
3.2.1 Misoppfatninger, elevforestillinger og hverdagsforestillinger.....	22
3.2.2 Begrepet «naturlig».....	24
3.3 SSI – SOSIOVITENSKAPELIGE PROBLEMSTILLINGER .....	25
<b>4 VITEN-PROSJEKTET .....</b>	<b>27</b>
4.1 VITEN-PROGRAMMET <i>KLIMAENDRINGER</i> .....	28
<b>5 METODE.....</b>	<b>31</b>
5.1 DATA - ELEVSVAR.....	32
5.1.1 Forskningsetikk.....	34
5.2 ANALYSE .....	34
5.2.1 Koding og sortering av elevsvar.....	36
5.2.2 Analyse av ulike aspekter ved drivhuseffekten .....	40
5.2.3 Sitater .....	41
5.3 BEGRENSNINGER.....	42
<b>6 RESULTATER .....</b>	<b>44</b>
6.1 ELEVGRUPPENS TENDENSER OG FELLESTREKK VED FORSTÅELSE .....	44
6.1.1 Tendenser og forståelse knyttet til drivhuseffekten.....	44
6.1.2 Tendenser og forståelse knyttet til absorpsjon i jordatmosfæren.....	46
6.1.3 Tendenser og forståelse knyttet til stråling .....	49
6.1.4 Tendenser og forståelse knyttet til egenskapene til CO <sub>2</sub> .....	50
6.1.5 Tendenser og forståelse om beskrivelser av CO <sub>2</sub> .....	53
6.1.6 Tendenser og forståelse knyttet til havnivå .....	55



6.1.7	<i>Tendenser og forståelse knyttet til bruk av graf.....</i>	55
6.1.8	<i>Tendenser og forståelse knyttet til tiltak for, og tro på, en bedre fremtid.....</i>	56
6.1.9	<i>Oppsummering av resultater fra elevgruppens tendenser og forståelse .....</i>	58
6.2	ENKELTELEVERS UTVIKLING.....	59
6.2.1	<i>Utvikling knyttet til drivhuseffekten.....</i>	61
6.2.2	<i>Utvikling knyttet til rollen til CO<sub>2</sub> og absorpsjon i jordatmosfæren .....</i>	62
6.2.3	<i>Utvikling knyttet til ozonlaget.....</i>	63
6.2.4	<i>Oppsummering av resultater fra enkeltelevers utvikling.....</i>	64
<b>7</b>	<b>DISKUSJON.....</b>	<b>66</b>
7.1	DRIVHUSEFFEKTEN .....	67
7.2	OZONLAGET .....	68
7.3	CO <sub>2</sub> - EN NATURLIG ELLER UNATURLIG GASS? .....	69
7.4	MENGDE CO <sub>2</sub> .....	71
7.5	ABSORPSJON I JORDATMOSFÆREN .....	73
7.6	STRÅLING .....	74
7.7	KONSEKVENSER AV ØKT DRIVHUSEFFEKT .....	76
7.8	TILTAK FOR, OG TRO PÅ, EN BEDRE FREMTID .....	77
7.9	DET NATURFAGLIGE SPRÅKET.....	80
<b>8</b>	<b>IMPLIKASJONER OG KONKLUSJON.....</b>	<b>82</b>
8.1	FORSLAG TIL VIDERE FORSKNING.....	82
8.2	IMPLIKASJONER FOR UTFORMING AV <i>KLIMAENDRINGER</i> OG OPPFORDRING TIL ANDRE.....	83
8.3	KONKLUSJON .....	84
	<b>LITTERATURLISTE.....</b>	<b>87</b>



# 1 Innledning

Drivhuseffekt og klima er både aktuelt og viktige tema i skolen og hverdagen. Temaene inkluderes i flere skolefag, spesielt i naturfag. Men for å få en dypere forståelse i faget, er det viktig å ha god begrepsforståelse, hvor man både kan forstå og bruke ulike naturvitenskapelige begreper (Haug, 2016, s. 149). For å forberede elevene som medborgere i et samfunn på vei mot å bli bærekraftig, er det dermed viktig at de blant annet forstår de grunnleggende mekanismene i drivhuseffekten og konsekvenser av massive CO<sub>2</sub>-utslipp (Sinnes, 2015, s. 9-10)

I denne masteroppgaven vil jeg se nærmere på elevers forståelse rundt sentrale begreper knyttet til drivhuseffekt og klima, hvor jeg tar utgangspunkt i elevsvar fra Viten-programmet *Klimaendringer*, som jeg heretter vil referere til som *Klimaendringer*. Jeg vil også se på deres forståelse og misoppfatninger når det kommer til drivhuseffekten som prosess, og komme med forebyggende tiltak for å unngå misoppfatninger, både når det kommer til *Klimaendringer* og når det kommer til undervisning om drivhuseffekten generelt. Forståelse av drivhuseffekten handler ikke bare om komponentene ved prosessen, men det innebærer også hvilke konsekvenser økt drivhuseffekt har og hvilke tiltak som må gjøres for å begrense klimaendringer og får et mer bærekraftig samfunn.

## 1.1 Problemstilling

Min hovedproblemstilling er følgende:

*Hvordan er ungdomsskoleelevers forståelse av sentrale begreper og prosesser knyttet til drivhuseffekten i kontekst av Viten-programmet Klimaendringer?*

For å lettere kunne komme nærmere et svar på denne problemstillingen, har jeg delt problemstillingen inn i to mindre forskningsspørsmål:

1. Hvilke forståelser av og begreper om drivhuseffekten kommer til uttrykk gjennom elevers skriftlige svar i Viten-programmet *Klimaendringer*?
2. På hvilke områder viser enkeltelever utvikling i forståelsen av og begreper om drivhuseffekten fra oppgavesvar i starten til oppgavesvar lengre ut i Viten-programmet *Klimaendringer*?

## 1.2 Relevans av problemstillingen

Fra og med høsten 2020 ble det innført ny læreplan, fagfornyelsen, hvor den overordnede delen viser at «bærekraftig utvikling» er et av tre tverrfaglig tema (Kunnskapsdepartementet, 2020a), som ikke minst er inkludert i, og viktig for, naturfaget. Grunnen til at «bærekraftig utvikling» er relevant for naturfaget, er både fordi mange aspekter og perspektiver ved «bærekraftig utvikling» omhandler naturfaglig kompetanse, og fordi «kunnskap om sammenhenger i naturen er nødvendig for å forstå hvordan vi mennesker er med på å påvirke den» (Kunnskapsdepartementet, 2020b). Blant annet hvordan leve bærekraftig, hvordan vet vi at noe er bærekraftig og hvilke konsekvenser et ikke-bærekraftig samfunn kan få for fremtiden. For å kunne være med på å diskutere og komme frem til svar på slike spørsmål, kreves det naturfaglig kompetanse, blant annet når det kommer til klima, drivhuseffekt, energi, karbonkretsløpet og biologisk mangfold. Læreplanen for naturfag ved ungdomsskolen har et kompetansemål som følger; «beskrive drivhuseffekten og gjøre rede for faktorer som kan forårsake globale klimaendringer» (Utdanningsdirektoratet, 2020b). Kompetansemålet krever at elevene skal *beskrive* og *gjøre rede for*, som impliserer at det bør bli brukt vitenskapelige begreper og at begrepene blir forstått for å resonnere og tenke kritisk omkring klimaendringer og mulige løsninger på klimautfordringer (Jegstad et al., 2019).

## 1.3 Bakgrunn for masteroppgaven

Det vitenskapelige språket og vitenskapelige begreper blir mye brukt blant annet i nyhetsbildet og andre medier. For at elevene skal kunne være med å delta i diskusjoner, forstå artikler og nyheter og i tillegg stille seg kritisk til dem, er det viktig at elevene har en god forståelse innen temaene. Språk er makt! Det handler også om å bli en bedre samfunnsborger når man kan stille seg kritisk til ting som blir publisert og å kunne delta. Men begrepsforståelsen handler ikke bare om å forstå hva ordene betyr, men også kunne sette dem i en sammenheng og kunne bruke dem (Haug & Ødegaard, 2014). I dag eksponeres elever for miljø- og klimarelatert stoff i medier, men dette feltet er komplekst og det er mange elever som har en manglende forståelse av de grunnleggende fenomenene i naturvitenskapen som er involvert (Angell et al., 2019, s. 307).

Angell et al. (2019, s. 307) mener det er viktig at elevene ser positivt på fremtiden og har troen på at de store klimautfordringene kan løses, og dermed at deres holdninger og

handlinger spiller en rolle. Men for at dette skal bli tilfellet, er det også viktig at elevene lærer seg begrepene innenfor temaet, for å få den informasjonen og kunnskapen som trengs. Med denne studien ønsker jeg å berike forskningsfeltet rundt begrepsforståelse, hvor jeg vil bidra med begrepsforståelse og begrepsbruk innenfor temaene klima og drivhuseffekt.

## 2 Teori

I følgende kapittelet vil det bli lagt frem teori knyttet til klima, drivhuseffekt, språk og begrepsbruk, for å gi et grunnlag for de aktuelle temaene som knyttes til min forskning og problemstilling. For at alle skal ha en felles forståelse, vil jeg legge frem en begrepsavklaring i Tabell 1 før teorien blir presentert:

Tabell 1: Begrepsavklaring for sentrale begreper i teorikapittelet.

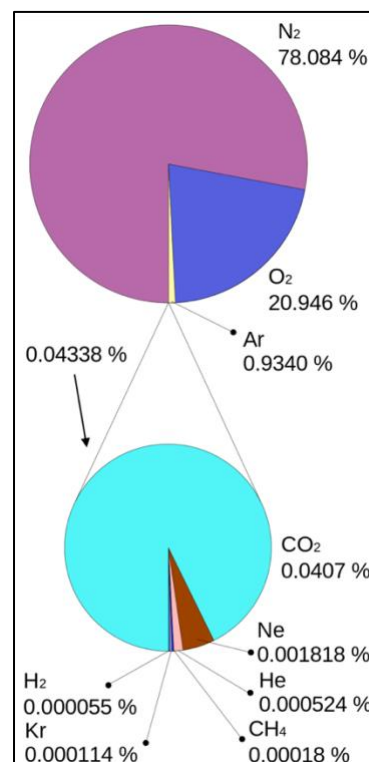
Begrep:	Forklaring i kontekst av jordatmosfæren og drivhuseffekten:
Absorpsjon	Molekyler tar opp stråling
Emittere	Molekyler sender ut stråling
Kortbølget stråling	Stråling med korte bølgelengder; synlig lys fra solen
Langbølget stråling	Stråling med lange bølgelengder; varmestråling eller infrarød stråling

### 2.1 Drivhuseffekten

Drivhuseffekten er kompleks, og hensikten er ikke å legge alt frem i detalj, men heller gå dypere inn i ulike mekanismer og sentrale deler av drivhuseffekten for å få en helhetlig forståelse av prosessen. I følgende underkapitler vil det bli presentert teori om jordens atmosfære, jordens drivhuseffekt og stråling.

#### 2.1.1 Jordens atmosfære

En atmosfære er luftlaget som omgir planeten. Jorden er blant fire planeter i solsystemet vårt som har atmosfære, i tillegg til noen måner. Faktorer som spiller inn på om en planet har atmosfære eller ikke, er styrken på planetens tyngdefelt og planetens temperatur. Et sterkt tyngdefelt fører til at det blir vanskeligere for gasspartikler i atmosfæren å forsvinne ut i rommet. Dersom temperaturen til planeten er høy, vil



Figur 1: Ovesikt over gassene i atmosfæren etter volum, målt i prosent av volumet, hentet fra: [http://en.wikipedia.org/wiki/Earth's\\_atmosphere](http://en.wikipedia.org/wiki/Earth's_atmosphere)

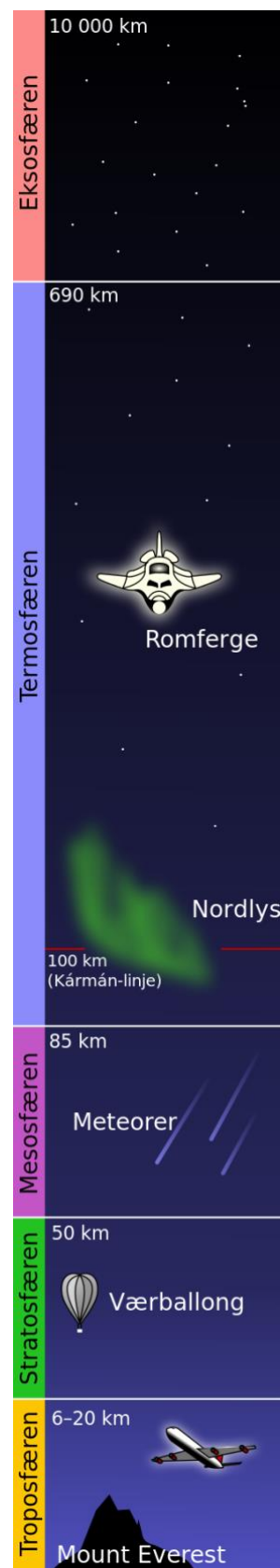
gasspartiklene bevege seg raskere og dermed øker sjansen for at de forsvinner ut i rommet, så det er om å ha en lav temperatur på jorden for at partiklene ikke skal forsvinne (Elgarøy, 2017, s. 107).

Atmosfæren til jorden består av omtrent 78 % nitrogen ( $N_2$ ), 20 % oksygen ( $O_2$ ), 2 % argon (Ar) og mye mindre mengder av andre gasser som vanndamp ( $H_2O$ ), metan ( $CH_4$ ) og karbondioksid ( $CO_2$ ) (Elgarøy, 2017, s. 114). I Figur 1 kan man se hvor lite karbondioksid det er i atmosfæren i forhold til de andre gassene. Venus har derimot mye mer karbondioksid i sin atmosfære enn jorden, og grunnen til at jorden har så lite i forhold er fordi jordens overflate består av 70 % vann, som også er grunnen til at jorden ofte blir kalt Den Blå Planeten (Solbu, 2012). Karbondioksid blir nemlig løst opp i vann og det blir dannet karbonater som synker til havbunnen (Elgarøy, 2017, s. 114).

Atmosfæren deles inn i fire lag, hvor troposfæren er nærmest jordoverflaten, dermed kommer stratosfæren, mesosfæren og ytterst er termosfæren (Marshak, 2012, s. 686) (se Figur 2). I klimasammenheng er man mest opptatt av de to lagene som ligger nærmest jordens overflate, altså *troposfæren* og *stratosfæren*. Disse lagene inneholder til sammen 99.9 % av atmosfærens totale masse. Troposfæren og stratosfæren har ulike roller, men begge er viktige i klimasammenheng (Grønås, 2012, s. 42).

## Klimagasser

Klimagasser, eller drivhusgasser er definert som «gasser i atmosfæren som påvirker klimaet ved at de forsterker drivhuseffekten» (Steiniger & Wahl, 2015). Ifølge Store Norske Leksikon er klimagasser alle gassene som påvirker klimaet (også gjennom absorpsjon eller refleksjon/spredning av kortbølget stråling fra solen), mens drivhusgasser benyttes om gasser som absorberer langbølget stråling fra jorden og dermed bidrar til drivhuseffekten. Gassene absorberer bestemte bølgelengder i strålingsspektrene fra solen og jorden (Bryhni et al., 2019). Vitenprogrammet *Klimaendringer* refererer til *klimagasser*, uansett om det er



Figur 2: Oversikt over lagene (i skala) i Jordens atmosfære ("Jordens atmosfære," 2022).

snakk om drivhusgasser (Viten.no, u. å.-d). Dette er noe som vil gå igjen også i denne masteroppgaven.

Mengden klimagasser i atmosfæren øker, og konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> (karbondioksid) er høyere nå enn de siste to millioner årene. I tillegg er det over 800 000 år siden vi hadde like mye metan (CH<sub>4</sub>) og nitrogenoksid (N<sub>2</sub>O) i atmosfæren som vi har i dag (Miljødirektoratet, 2021).

### **Ozonlaget**

Ozon finnes naturlig i stratosfæren, hvor det absorberes (tas opp) kortbølget UV-stråling fra solen, som ellers ville vært skadelig for organismer på jorden. Det finnes også ozon i troposfæren, og der virker det som en drivhusgass (Sinnes, 2015, s. 64).

I atmosfæren har vi også ozon (O<sub>3</sub>). På 1930-tallet ble det funnet nye gasser, klorfluorkarbonene, som var ozonødeleggende. Disse ble brukt i fryseelementer og som drivgass i spraybokser. Men da det ble funnet ut at de var ozonødeleggende ble de forbudt. Dette førte til at ozonlaget, i stratosfæren, ble gjenoppbygget. Ozonlaget i stratosfæren sin funksjon er blant annet å beskytte jorden for UV-stråling fra solen som er farlig for livet på jorden (Sinnes, 2015, s. 64). For mennesker kan det forårsake skader på øyne, hud og arvestoff, i verstefall kan det føre til kreft. For plantene kan UV-stråling føre til vekstreduksjon ("Ultrafiolett stråling," 2021).

### **2.1.2 Stråling**

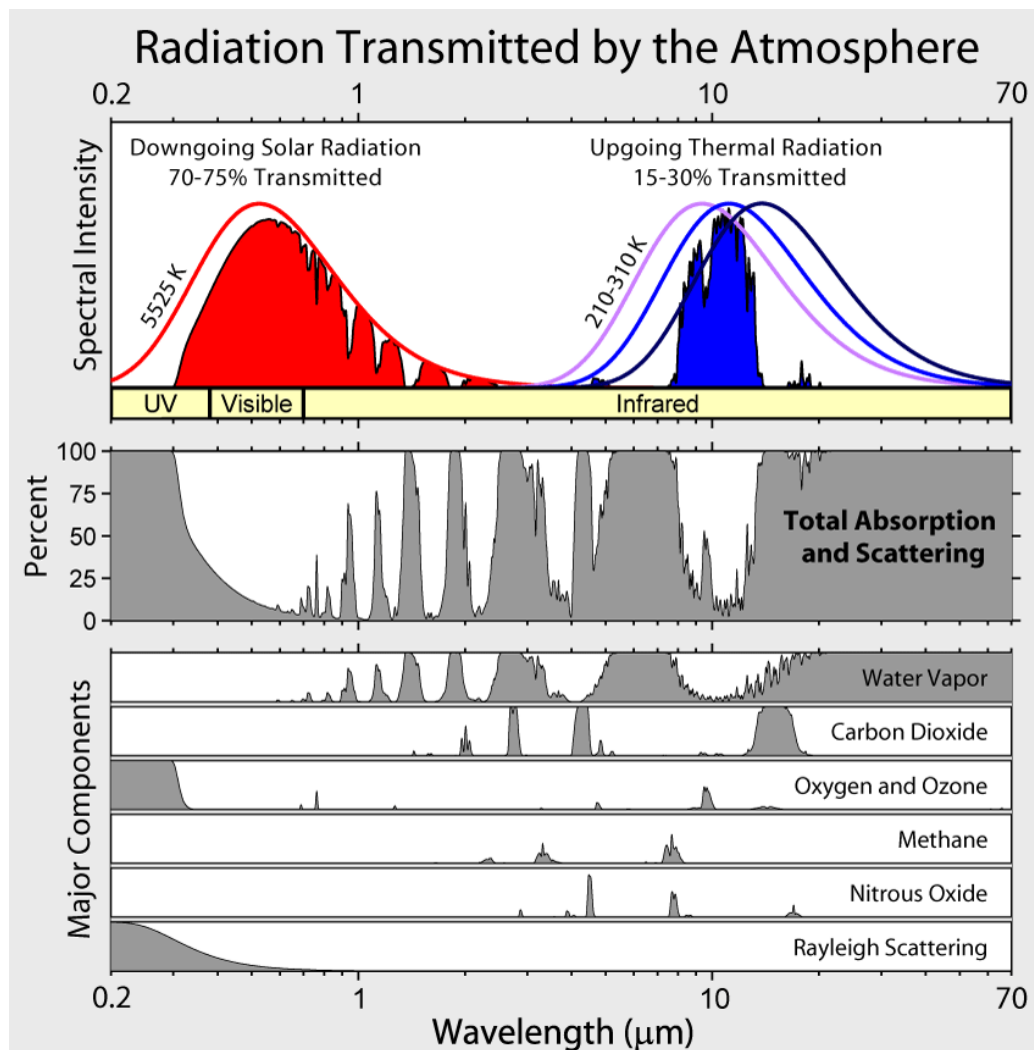
Jorden bader hele tiden i stråling fra sola. Det meste av strålingen kommer uhindret gjennom atmosfæren, da dette er kortbølget stråling med bølgelengde på mindre enn 2 µm (mikrometer, 10<sup>-6</sup> meter) (Grønås, 2012, s. 45, 53). Noe av strålingen reflekteres, fra atmosfæren i alle retninger. Strålingen som kommer uhindret gjennom atmosfæren eller blir reflektert inn mot jorden blir absorbert av jordoverflaten, og dermed emitterer jorden strålingen i form av varmestråling som går opp igjen mot atmosfæren. Dersom jorden ikke hadde hatt en atmosfære, hadde strålingen gått ut i verdensrommet, men siden vi har atmosfære bestående av ulike gasser, absorberer gasspartiklene strålingen og emitterer den på ny i ulike retninger – noe ut i verdensrommet, og noe tilbake mot jorden (Marshak, 2012, s. 794). Sistnevnte prosess kalles *drivhuseffekten*.



*Albedo*, som betyr hvithet, er et mål for refleksjonsevne. Da måles hvilken evne ulike flater har til å reflektere lys, og dette defineres som brøkdelen av det parallelle innkommende lyset som blir spredt. For eksempel dersom en flate har en albedo på 0.10, betyr det at 10 prosent av det innkommende lyset blir reflektert. Jordens albedo ligger i gjennomsnitt på 0.33, som betyr at jorden reflekterer 33 prosent av det innkommende lyset. Mørke overflater har en lavere albedo enn lyse overflater. Lyse skyer, is og snø er de viktigste elementene vi har som har høy albedo og reflekterer mest sollys ("Albedo," 2020; Fossum et al., 2021, s. 266).

Det finnes også legemer som absorberer all innkommende stråling (uavhengig av frekvens og innfallsvinkel), altså et legeme som ikke reflekterer noe. Disse legemene vil se sorte ut, og kalles *sorte legemer*. Sorte legemer vil kun sende ut varmemstråling, som også kalles sort stråling, hvor strålingen er bestemt av legemets temperatur, og er en blanding av elektromagnetisk stråling ved alle bølgelengder. Bølgelengdene som dominerer avhenger av legemets temperatur. Solen er et eksempel på et tilsvarende sort legeme, da den hovedsakelig sender ut varmemstråling (Elgarøy, 2017, s. 77; Fossum et al., 2021, s. 259; Universitetet i Oslo, 2017).

Marx Planck (1858-1947), som var en tysk fysiker, «kom frem til et matematisk uttrykk for hvordan intensiteten til sort stråling varierer med bølgelengden» (Elgarøy, 2017, s. 77). Ved å se på Figur 3, kan man se spekter for stråling som kommer inn i jordens atmosfære, samt ut av atmosfæren. Av det synlige spekteret av sollyset slippes 70-75% inn gjennom atmosfæren, mens resterende blir absorbert i atmosfæren. Man kan også se ved Figur 3 at det kommer infrarød varmemstråling fra jorden, hvor kun 15-30% slippes ut av atmosfæren, mens resten blir absorbert ("Drivhuseffekt," 2022; Fossum et al., 2021, s. 269). I Figur 3 kan man se at solen sender ut stråling med kortere bølgelengder enn strålingen som jorden sender ut. Ifølge Elgarøy (2017, s. 78) sender legemer ut stråling der kortere bølgelengder dominerer når legemets temperatur er høy.



Figur 3: Figuren viser intervallene (eller absorpsjonsbåndene) i jordens atmosfære i midterste panel, og effekten dette har på solstråling og termisk stråling i øverste panel. I de nederste panelene (Major components) vises individuelle absorpsjonsspekter for noen klimagasser, de som blir ansett som mest vanlige, samt Rayleigh-spredning. Illustrasjon: Robert A Rohde, hentet fra ("Drivhuseffekt," 2022).

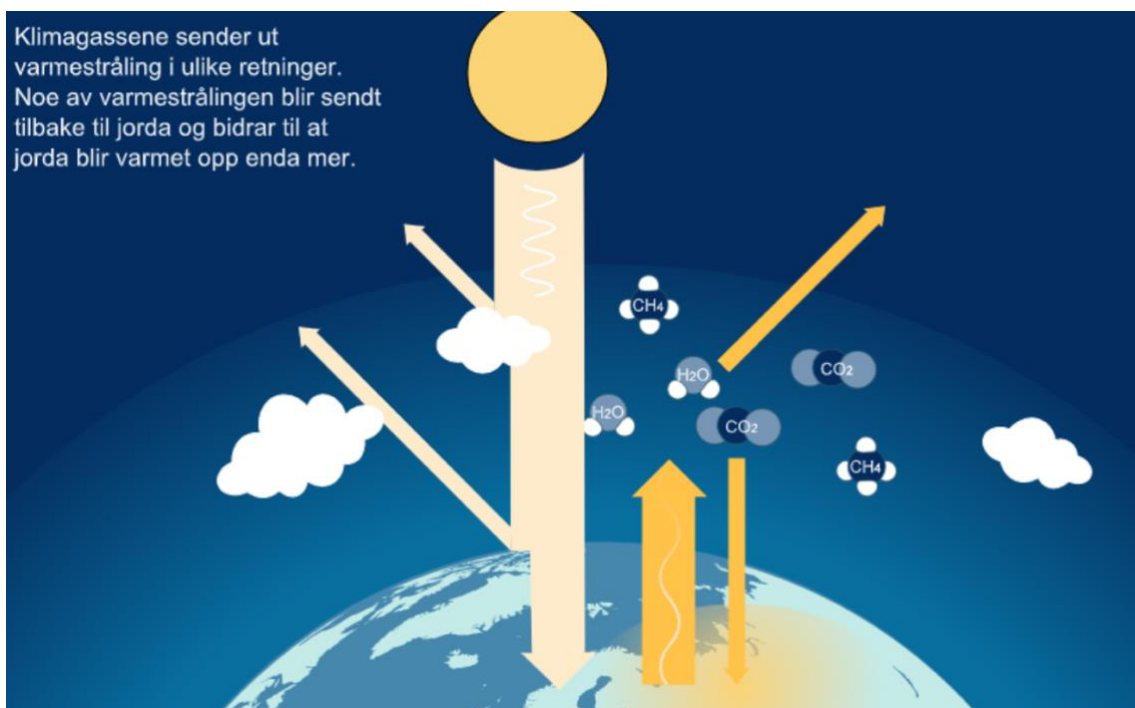
Det er viktig å presisere at også jorden sender ut varmemstråling, som også kan sees i Figur 3. Ifølge naturlovene sender alle legemer ut varmemstråling. Varmemstrålingen som sendes ut av legemet, avhenger av legemets temperatur. Dersom temperaturen til legemet er høy, vil dette øke varmemstrålingens intensitet og bølgelengde. For eksempel sender solen, som har høy temperatur, ut kortbølget stråling som man kan se. Mens jorden, med lavere temperatur, sender ut varmemstråling med lengre bølgelengder som man ikke kan se (infrarødt lys). Drivhusgassene hindrer ikke stråling fra solen å slippe gjennom, men absorberer varmemstrålingen fra jorda som er langbølget stråling (Mamen, 2022).

### 2.1.3 Jordens drivhuseffekt

*Drivhuseffekten* er altså prosessen som skjer i atmosfæren etter at solstrålene har blitt absorbert av jorden og emittert til atmosfæren i form av varmestråling. Det er da gasspartiklene i drivhusgassene, eller klimagassene, absorberer de langbølgede strålene, for så å emittere dem ut i ulike retninger – noen ut i verdensrommet og noen mot jorden (Skeie, 2018).

Drivhuseffekten forekommer naturlig for planeter med atmosfære, deriblant jorden (Mamen, 2022). Uten atmosfæren og drivhuseffekten, ville temperaturen på jorden vært for lav til at vann ville holdt sin flytende form over lengre tid. Det er dog en bekymring at menneskelig utslipp tilfører atmosfæren mer karbondioksid, og at dette nå har begynt å påvirke klimaet på jorden (Elgarøy, 2017, s. 114). Dette kommer jeg tilbake til i kapittelet om *Klima*.

I forrige delkapittel ble det sett på de ulike gassene i atmosfæren, hvor oksygen ( $O_2$ ) og nitrogen ( $N_2$ ) dominerer, men disse bidrar ikke til drivhuseffekten. Derimot er karbondioksid ( $CO_2$ ), nitrogenoksid ( $N_2O$ ), metan ( $CH_4$ ) og ozon ( $O_3$ ) kjente drivhusgasser, men den mest effektive drivhusgassen er vanndamp ( $H_2O$ ). Alle disse drivhusgassene reagerer på ulike måter, men det de har til felles er at de slipper sollys inn i atmosfæren, men og absorberer varmestråling fra jorden, som de igjen sender ut i ulike retninger (Brandt et al., 2016, s. 148; Grønås, 2012, s. 41; Sinnes, 2015, s. 64). Dette blir illustrert i Figur 4.



Figur 4: Illustrasjon av drivhuseffekten, skjermdump tatt fra (Viten.no, u. å.-b).

## 2.2 Klima og klimaendringer

*Klima* indikerer det typiske værmønsteret på over en periode på mange tiår. For eksempel kan man se på gjennomsnittlig maksimums- og minimumstemperatur, nedbørsmengde og hvor ofte og hvor mye det blåser (Dannevig & Harstveit, 2020; Marshak, 2012, s. 793).

Klimaendringer er endringer av jordens klima over tid (Marshak, 2012, s. 793). Ifølge den sjette hovedrapporten fra FNs klimapanel blir ekstremvær som hetebølger og ekstreme nedbørsmengder mer vanlige og klimaendringene blir mer drastiske over hele kloden (Miljødirektoratet, 2021).

### 2.2.1 Global oppvarming

Det er viktig å skille mellom *naturlig drivhuseffekt* og *menneskeskapt global oppvarming*.

Den naturlige drivhuseffekten er helt nødvendig for livet på jorden, mens når denne forsterkes av menneskelige utslipp blir det *menneskeskapt global oppvarming*, som medfører klimaendringer (Angell et al., 2019, s. 307). FNs klimapanel hevder at for å stabilisere den globale oppvarmingen så må alle kutte utslippene av CO<sub>2</sub> slik at det blir redusert til netto null, i tillegg til nedkutting av andre klimagasser. Frem til målet om netto null-utslipp er nådd, vil temperaturen avgjøres av hvor mye vi slipper ut (Miljødirektoratet, 2021).

For å stabilisere en global oppvarming kreves det at energien fra den innkommende strålingen fra solen er like stor som energien fra den utgående varmestrålingen fra jorden (og atmosfæren). Dersom det er tilfellet, at mengden energi til innkommende og utgående varmestråling er like stor, vil den gjennomsnittlige temperaturen på jorden være stabil.

### 2.2.2 Klimaendringer: Havet og havnivået

Været er det du kan se ut av vinduet fra dag til dag, mens klimaet er gjennomsnittet av været målt over lengre tid. Klimaet på jorden har endret seg på jorden de siste hundreårene, og det vil fortsette å endre seg. Blant annet har observasjoner vist at temperaturen på kloden stiger, havet stiger og blir surere, is smelter og mer ekstremvær. Konsekvensene av disse klimaendringene vil, ifølge FNs klimapanel, føre til dårligere tilgang på mat og vann, helseproblemer, økonomisk usikkerhet, konflikter og flyktninger, tap av naturmangfold og skader på natur, infrastruktur og bygninger (FN-sambandet, 2021c).

Klimaendringer diskuteres mye i medier, og fokuset er ofte på økt havnivå. Det er flere årsaker til at havnivået stiger. Ifølge Sinnes (2015, s. 66) er den fremste årsaken termisk utvidelse, men får ikke like mye oppmerksomhet i medier. Termisk utvidelse er at vannet får større volum når det er varmt enn når det er kaldt, og derfor vil havnivået stige når temperaturen på vannet øker (unntatt i temperaturområdet 0-4 °C). Det tar lang tid før de dype havene varmes opp og havnivået øker, derfor vil det også fortsette å utvide seg i flere hundre år etter at de atmosfæriske temperaturene stabiliseres (Sinnes, 2015, s. 66). En annen årsak til havnivåstigning er at den totale mengden vann øker, ved at is smelter og/eller ved at grunnvann renner ut i havet. Ifølge en nyere undersøkelse (gjort i 2020) om årsaker til stigende havnivå, ble det funnet at ismelting (i tillegg til noe grunnvannsoverføring) nesten hadde dobbelt så stor effekt på havnivåstigning enn termisk ekspansjon (Lindsey, 2020). Det er altså en diskusjon om hva som mest effektivt fører til økt havnivå.

Is som allerede er i havet vil derimot ikke ha noe å si for havnivået dersom den skulle smelte, slik som for eksempel Arktis og deler av Antarktis. Isen på Arktis vil ikke bidra til økt havnivå, men det vil få andre konsekvenser ved at den smelter. Snø og is reflekterer mer av sollyset enn mørke overflater, de har altså høyere *albedo*, som ble skrevet om i delkapittelet om Stråling. Dersom snø og is smelter, vil de mørke hav- og landområdene absorbere mer varme og reflektere mindre stråling, som igjen fører til varmere hav, termisk utvidelse, økende havvolum og mer fordampning. Dette fører så til en forsterkende drivhuseffekt, som videre vil fører til mer smelting av is (Fossum et al., 2021, s. 273; Sinnes, 2015, s. 66-67). Det er altså flere faktorer som påvirker klimaet, og mange av disse faktorene påvirker hverandre. Dette kalles *tilbakekoblingsmekanismer*, eller ringvirkninger (Fossum et al., 2021, s. 273).

Den svenske kjemikeren, Svante Arrhenius, sa for over 100 år siden at menneskelige CO<sub>2</sub>-utslipp vil føre til temperaturstigning på jorden på grunn av økt CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Mennesker rundt trodde derimot at havet ville ta opp de økte utslippene av CO<sub>2</sub>, men det viser seg at havet kun har tatt opp rundt 50 % av utslippene hittil – i tillegg til at mengden CO<sub>2</sub> har økt med rundt 40 % i atmosfæren etter 1700-tallet da den industrielle revolusjonen startet (Sinnes, 2015, s. 64).

Ifølge Miljødirektoratet har jordens hav blitt varmere, og oppvarmingen skjer stadig raskere. Det er synlig at det er de menneskelige utslippene som er hovedårsaken. Gjennomsnittlig har verdenshavene steget med 20 cm siden 1901, og nå stiger de tre ganger raskere enn da (Miljødirektoratet, 2021).

### 2.2.3 Bærekraftig utvikling

Brundtland-kommisjonen som kom i 1987 la fram i rapporten utgitt av Verdenskommisjonen for miljø og utvikling en definisjon som følgende: «Bærekraftig utvikling er utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» (Brundtland & Dahl, 1987, s. 42). Videre står det også om et minstekrav for bærekraftig utvikling: «de naturlige systemene som opprettholder livet på jorden, atmosfæren, vannet, jordsmonnet og alt som lever, ikke settes i fare» (Brundtland & Dahl, 1987, s. 43). Sinnes (2015, s. 25) peker på vanskeligheten med å både definere og gjennomføre «bærekraftig utvikling». Særlig peker Sinnes (2015, s. 25) på begrepet «behov», fordi dagens mennesker har behov som slettes ikke er bærekraftige, som for eksempel behov for å fly til Syden på ferie, behov for oppvarmede hytter eller behov for en deilig biffmiddag. Hun retter seg mot Brundtlands definisjon på bærekraftig utvikling og skriver «Kanskje alle mine behov rett og slett ikke kan tilfredsstilles dersom fremtidens generasjoner også skal få tilfredsstilt sine? Kanskje definisjonen av bærekraftig utvikling er en selvmotsigelse?» Sinnes (2015, s. 26).

Klima og miljø, økonomi og sosiale forhold blir ofte kalt *de tre dimensjonene i bærekraftig utvikling*. Den første dimensjonen er «klima og miljø» som innebærer at klimakrisen må løses. Den andre dimensjonen er «økonomi» som handler om å sikre en trygg økonomi for mennesker og samfunn. Den tredje og siste dimensjonen er «sosiale forhold», som innebærer å sikre mennesker et godt og rettferdig grunnlag for et godt liv, hvor menneskerettighetene er utgangspunktet. Det kreves en sammenheng mellom alle tre dimensjonene for at noe skal være bærekraftig, med andre ord må det være en balanse mellom belastningen på miljøet med forbruket og økonomien vår, slik at det blir bærekraftig både for miljøet og menneskene og at ikke en dimensjon skal gå utover de andre (Brundtland & Dahl, 1987; FN-sambandet, 2021a).

Ifølge FNs bærekraftsmål 4.7 skal vi innen 2030 «sikre at alle elever og studenter tilegner seg den kompetansen som er nødvendig for å fremme bærekraftig utvikling» (FN-sambandet, 2021b). Temaer relatert til bærekraftig utvikling kommer tydeligere frem med fagfornyelsen som er innført i den norske skolen, da det ene tverrfaglige temaet er «bærekraftig utvikling» (Kunnskapsdepartementet, 2020a). Under dette tverrfaglige temaet i den overordnede delen står det at «Bærekraftig utvikling handler om å verne om livet på jorda og å ta vare på behovene til mennesker som lever i dag, uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å dekke sine behov» (Kunnskapsdepartementet, 2020a), som samsvarer godt med

definisjonen av *bærekraftig utvikling* til Brundtland-kommisjonen (Brundtland & Dahl, 1987, s. 42).

#### **2.2.4 SSI – Sosiovitenskapelige problemstillinger**

Sosiovitenskapelige problemstillinger handler om temaer som er viktige for samfunnet, men samtidig har naturvitenskapelige komponenter (Dawson & Carson, 2017, s. 3). Slike problemstillinger omhandler ofte naturvitenskapelige, samfunnsfaglige, etiske, politiske og økonomiske aspekter. Det kreves også kritisk tenkning for å gjøre seg opp en mening på hva som er rett og galt i slike problemstillinger (Sinnes, 2015, s. 112).

Zeidler og Nichols (2009, s. 49) refererer til Sadler (2004) og Zeidler (2003) og skriver i sin artikkel, *Socioscientific issues: Theory and Practice*, at sosiovitenskapelige problemstillinger involverer en bevisst bruk av vitenskapelige emner, hvor det kreves at elevene deltar i diskusjoner. Sosiovitenskapelige problemstillinger er ofte kontroversielle, men inkluderer også ofte moralske resonnement og etiske evalueringer for å komme frem til mulige løsninger på problemene. Hensikten med problemstillingene er at de er meningsfulle for elevene eller andre som deltar. De er engasjerende og krever at det blir brukt evidensbasert resonnement. De skal også få elever til å se på problemer fra ulike perspektiver og gir en kontekst for å forstå vitenskapelig informasjon. I tillegg får elevene erfaring av å se på problemene gjennom både individnivå og samfunnsnivå (Lee & Campbell, 2020).

Sadler (2009, s. 21) hevder at sosiovitenskapelige problemstillinger kan bidra til dybdelæring og motivasjon for elevene, da de må ta stilling til ulike aspekter ved komplekse problemstillinger. Problemstillinger knyttet til bærekraftig utvikling kan være svært komplekse, både da det ikke er et fasitsvar og fordi de innebærer flere aspekter. De tre dimensjonene av bærekraftig utvikling (se delkapittel 2.2.3) (FN-sambandet, 2021a) samsvarer godt med de ulike aspektene SSI ofte omhandler, da de både omhandler sosiale og naturvitenskapelige aspekter. Ved å se på det politiske aspektet ved bærekraftig utvikling, skriver CICERO at klimapolitikken virker. De skriver at dersom land fortsetter å love god klimapolitikk, samt gjennomfører den, vil reduseringen av utslipp begrense den globale oppvarmingen. Artikkelen til CICERO følger også opp med hvilke tiltak som er mest effektivt, samt minst kostbart, for en mer bærekraftig verden. Blant annet blir det skrevet at

fornybare energikilder blir billigere, som for eksempel solceller, vindkraft på land og havvind (Reed, 2022).

## 2.3 Naturvitenskapens språk

«Den som behersker et språk og har god grammatisk og kommunikativ kompetanse, står i et maktforhold til en person som ikke behersker alle sider ved språket like godt» (Dahl, 2019). Språk er altså makt.

Neil Postman sa: «Biologi er ikke planter og dyr, det er en måte å kommunisere om planter og dyr på. Astronomi er ikke planeter og stjerner, det er en måte å kommunisere om de på» (Mossige, 2017, s. 24). Det samme gjelder naturfag. For å lære naturfag, må man lære naturfagspråket (Mossige, 2017, s. 24). Men når elever starter med fysikk på videregående skole, vil de møte på mange nye begreper, eller begreper de allerede kjenner til, men som har en ny betydning (Angell et al., 2019, s. 136). Sjøberg (2014, s. 68) skriver følgende: «En forutsetning for god kommunikasjon er at man snakker samme språk, at begrepene betyr det samme, og at alle utsagn blir entydige. Dette er i alle fall en forutsetning for *vitenskapelig* kommunikasjon!» Naturvitenskapen har et eget sett med verdier, språk, normer og praksiser. Språket i naturvitenskapen ble utviklet for at forskere skulle kunne kommunisere, blant annet for å dele forskningsresultater med hverandre. Dette språket er hele tiden under utvikling, slik at det kan møte nye behov og krav (Mork & Sørvik, 2016, s. 13).

Det naturvitenskapelige språket skiller seg tydelig fra det muntlige språket. Når vi snakker, bruker vi mange småord når vi forklarer noe, og det er ofte *jeg* som står i sentrum. Det naturvitenskapelige språket derimot er ribbet for småord og det er ofte objektivt, hvor faget står i senter. For eksempel skriver man: «Resultatene viser at ...» og ikke «I mine resultater fant jeg at ...». Dette er med på å gjøre det naturvitenskapelige språket vanskelig å både lese og skrive. Enda en ting som skiller det naturvitenskapelige språket fra andre er den store mengden illustrasjoner som må studeres og leses sammen med tekst (Mossige, 2017, s. 24).

Wellington og Osborne (2001) kategoriserte naturfaglige ord i fire grupper; navnsettende, prosessord, begreper og matematiske «ord» og symboler. Denne kategoriseringen har Mork og Erlie (2017, s. 28) oversatt og bearbeidet, hvor de beskriver følgende om de ulike kategoriene:



- *Navnsettende ord*: Identifiserbare, observerbare, virkelige objekter eller enheter (eksempel: H<sub>2</sub>O)
- *Prosessord*: Naturfaglige prosesser (eksempel: smelting)
- *Begreper*: Ideer, prinsipper og forestillinger (eksempel: atom)
- *Matematiske «ord» og symboler*: (eksempel: ≠)

(Mork & Erlien, 2017, s. 28)

Mork og Erlien (2017, s. 27) skriver at naturfaglige ord kan være enkle å forstå dersom de beskriver noe synlig og/eller er mulig å demonstrere. Naturfaglige ord er derimot vanskeligere dersom de er knyttet til ting eller prosesser som ikke er mulig å se eller demonstreres.

Forfatterne presenterer også en tabell med naturfaglige ord med oversettelse til hverdagsord med hverdagslig betydning, som kan sees nedenfor i Tabell 2 (Mork & Erlien, 2017, s. 31):

Tabell 2: Naturfaglige ord oversatt til hverdagslige ord, inspirert av Mork og Erlien (2017, s. 31).

Naturfagord:	Hverdagsord:
observere	Se, legge merke til
instruksjon	Oppskrift, bruksanvisning
eksperiment	Undersøke, test
absorpsjon	Ta opp, trenge inn, suge opp

Naturfaglige tekster kan forstås som sammensatte tekster. I sammensatte tekster må informasjon hentes fra ulike representasjonsformer for at teksten skal gi mening. Det naturvitenskapelige språket kan oppleves som «gjennomsiktig» for dem som har lest og brukt det mye. Men det kan være vanskelig dersom det er nytt, da det handler om å knytte sammen både grafer, tabeller, figurer og tekst, altså å kunne veksle mellom representasjonsformer (Angell et al., 2019, s. 126-127). Språket som blir brukt i naturvitenskapen er en spesialisering av hverdagsspråket (Knain, 2011, s. 39). Knain (2011, s. 39) refererer blant annet til Halliday (1993) sitt språksyn hvor setninger med verb (prosesser) blir komprimert til en «ting» (substantiv). Dette kalles nominalisering, hvor nomen er et annet ord for substantiv, mens nominalisering betyr å gjøre om et ord til substantiv (Mork & Erlien, 2017, s. 32). Et eksempel på dette kan være verbet *å stråle* som omdannes til substantivet *stråling* (Angell et al., 2019, s. 216). Nominalisering kan være med på å forenkle det naturvitenskapelige språket,

sa det blir større fokus på et utvalg nøkkelbegreper, og dermed begrense mengden fagbegreper (Haug & Mork, 2021, s. 43). Samtidig kan nominalisering være med på å forvirre elever, da nominalisering gjør språket mer komprimert, og dermed gir økt informasjonstetthet, noe som kan gjøre teksten vanskeligere å lese (Maagerø, 2006, referert i Mork & Erlien, 2017, s. 33). Men for å oppnå en begrepsforståelse, vil det kreve at eleven har en aktiv kunnskap om ordets betydning. Det vil si at eleven har eierskap til ordet, samt vet hvordan det skal brukes i ulike kontekster for å skape en mening (Haug, 2016, s. 149).

Metaforer blir også brukt mye i det naturvitenskapelige språket, og flere mener at det anses som nødvendig ved læring av begreper som kun kan læres indirekte og abstrakte fenomener. Metaforer er også en sentral del av dagliglivet vårt, med både språket, tankene og handlingene våre (Lakoff et al., 2003; Rundgren et al., 2009). Metaforer brukes for å overføre noe fra en situasjon til en annen (Zembylas, 2004), hvor dette kan fungere som et vindu mellom hverdagslivet og naturfagsklasserommet for elevene. Metaforene kan være en representasjon av elevers mentale modeller og forestillinger, som er i samhandling med omgivelsene, hvor eleven da har forstått og tolket sine metaforer som igjen står som en representasjon av for eksempel naturfaglige fenomener (Norman, 1987). Ifølge Wikipedia er en mental modell en forklaring på en tankeprosess om hvordan noe fungerer i den virkelige verden. Det er en representasjon av omverdenen som kan bidra til å forstå konsepter og fenomener ("Mental Model," 2022). Dette kan knyttes til det Gilbert (2004, s. 116) skriver i sin artikkel om modeller i undervisning og naturvitenskapen: «Models are essential to the production, dissemination, and acceptance of scientific knowledge [...] they function as a bridge between theory and the world-as-expected ("reality")». Hvor han sier at modeller fungerer som en bro mellom vitenskapen og hverdagen. Dette kan også tenkes om mentale modeller og metaforer, at de er broer mellom naturvitenskapen og hverdagslivet til elevene.

Vi står overfor problemer som er globale, hvor konsekvensene blant annet fører til flere klimaflyktninger, da deres bosted vil bli ubeboelige på grunn av klimaendringer. I tillegg øker antall mennesker på jorden, og i fremtiden vil vi måtte bo tettere og dele ressurser med flere enn nå. Dette vil føre til at man må forholde seg til ulike mennesker med blant annet ulik bakgrunn, språk, kultur og religion. For at vi skal få bærekraftige løsninger, avhenger dette at menneskene samarbeider og kommuniserer med hverandre (Sinnes, 2015, s. 42-43). Sinnes (2015, s. 42-43) skriver «Det kan derfor synes som om en av de viktigste kompetansene fremtidens mennesker vil komme til å trenge er evnen til å kommunisere og samarbeide, også

med mennesker med et annet ståsted enn en selv.» Det vil dermed bli krav til at menneskene har blant annet språklige ferdigheter, for at de skal kunne samarbeide og finne gode løsninger på en bærekraftig klode (Sinnes, 2015, s. 43).

### 2.3.1 Begrepsbruk

Naturfag inneholder mange ukjente og spesielle ord og begreper, noe som er krevende både for lærere å undervise og for elever å lære (Haug, 2016, s. 144). Selv om naturen i seg selv er ganske konkret, kan det naturfaglige språket være abstrakt og vanskelig, da fenomener er for små eller for store og langt borte til å kunne observere og studere (Mossige, 2017, s. 24).

Når elever skal lære fysikk, blir de møtt av nye ideer som ikke samsvarer med tidligere erfaringer, da noe har en hverdagsbetydning og en naturvitenskapelig betydning (Angell et al., 2019, s. 128). Angell et al. (2019, s. 135) skriver om læringsteoretikeren, Lev S. Vygotsky (1896-1934) fra Russland, hvor forholdet mellom hverdagsbegreper og vitenskapelige begreper sto sentralt i hans arbeid. Han hevdet at hverdagsbegreper var «basert på konkrete hendelser og ikke deler av et sammenhengende tankemønster» og de var basert på menneskets erfaring og uformell sosial interaksjon (Angell et al., 2019, s. 135).

Elever tilbringer kun deler av tiden sin på skolen, hvor de i naturfagrommet blir eksponert for naturvitenskapelige ord, begreper og ideer. Disse kan de også møte utenfor naturfagrommet, hvor de har en helt annen betydning. I hverdagen hender det at vi *går tom for energi* og ser at *solen går ned*, noe som er hverdagsspråk og hverdagsforestillinger. I naturfagrommet sier man ikke at en er *tom for energi* eller at *solen går ned*. Hverdagsspråket er (bokstavelig talt) språket som brukes i hverdag til å kommunisere med andre. Dette er en av utfordringene til naturfagslærere; oppdage hva elever kan fra før når de møter det naturvitenskapelige språket og ideer, og på den måten gjøre at nye ideer ikke virker fremmed for elevene (Mortimer & Scott, 2003; Sørvik, 2016, s. 49).

I klima- og miljøsammenheng er målet med undervisning om bærekraftig utvikling at elever skal kunne anvende kunnskap og forstå sammenhenger for å kunne bidra til en mer bærekraftig verden (Sinnes, 2015, s. 38). Knain (2012, s. 70) skriver i sin artikkel, *Skriving i naturfag: mellom tekst og natur*, at språket er en ressurs for å lære *fagbegreper* og grammatiske mønstre, hvor hverdagsspråket er utgangspunktet. Han skriver også at elever som studerer det naturfaglige språket lærer seg hva som kjennetegner det, og at elevene må

opparbeide kompetanse til å kunne snakke, lese og skrive det naturvitenskapelige språket slik at det samsvarer med situasjon og hensikt for de ulike mottakerne.

Mossige (2017, s. 24) beskriver ulike ord i naturfaget som kan gjøre det naturfaglige språket vrient. Det er blant annet presise begrep som *CO<sub>2</sub>*, generelle akademiske begrep som *avta* og begreper med nytt innhold som *lov*, *forbrenning* og *stråler*. I tillegg har det naturfaglige språket fått begreper med metaforer, som for eksempel *drivhuseffekt*.

## 3 Tidligere forskning

Det er gjort mye forskning på relevante temaer til masteroppgaven. I dette kapittelet vil det bli presentert ulik forskning som relaterer til klima, drivhuseffekt og begrepsbruk. Dette vil senere bli knyttet til mine resultater i kapittelet Diskusjon.

### 3.1 Klima og drivhuseffekt

Mange (både elever og andre) forveksler ofte miljøproblemer som sur nedbør og svekkelse av ozonlaget med klimaproblematikken. Det er heller ikke alltid at elever skiller mellom den naturlige drivhuseffekten og den menneskeskapte globale oppvarmingen (Angell et al., 2019, s. 307). Hvor den naturlige drivhuseffekten er en betingelse for alt liv på jorda, mens vi mennesker er årsak til den økte drivhuseffekten som fører til global oppvarming.

Ifølge Angell et al. (2019, s. 307) har de fleste elevene forståelse av at atmosfæren «holder på varmen», mens drivhuseffektens «mekanisme» er vanskeligere. Det er ønsket at elevene skal klare å skille mellom kortbølget og langbølget stråling, hvor den kortbølgede strålingen kommer gjennom atmosfæren uten å absorberes, mens den langbølgede varmestrålingen sendes fra jorden og absorberes i atmosfæren av gassene. Angell et al. (2019, s. 307) skriver at elever ofte sier at «solstråler slipper lett inn, men ikke så lett ut igjen» og at de da har glemt eller oversett annen stråling med andre bølgelengder. Det impliserer at elevene tror at atmosfæren virker annerledes på innkommende og utgående stråling. Forfatterne skriver også at dersom denne forvirringen er til stede, kan dette være en sammenheng med en svak forståelse av begreper og prosesser som for eksempel når stråling absorberes, transmitteres eller reflekteres.

Årsaken til havnivåstigning er også en vanlig misoppfatning. De fleste vet at global oppvarming fører til at havnivået stiger, men oftest blir det assosiert med ismelting – både av breer og havis. Det blir sjeldent nevnt av elever at termisk utvidelse også er en av hovedårsakene til havnivåstigning. I tillegg er det en misforståelse blant elever når det kommer til smelting og havnivå. Det er en manglende forståelse av at is og snø som allerede er i vannet vil ikke påvirke havnivået dersom den smelter; men at is som er på land smelter, vil denne påvirke havnivået når det renner ut i havet (Angell et al., 2019, s. 308). Jarrett og Takacs (2020, s. 413) fant også i sin forskning at havets rolle som karbonlager ofte er ukjent

for elever. Noen har dog hørt om havet som et «karbonsluk», men det ble vist usikkerheter når det kom til konseptet at gasser kan løses opp i vann, da det ble oppfattet som at gassene forsvant.

### **3.1.1 Tiltak for, og tro på, en bedre fremtid**

Ojala (2012) har gjort forskning på svenske barn, unge og unge voksne om deres bekymring for klimaendringer. Hun skriver at pessimismen om klimaendringer øker med alderen fordi kompleksiteten av problemene blir tydeligere (Ojala, 2012, s. 539). Ojala (2012) fant blant annet ut at barn bruker mindre problemfokustert mestring (gjøre noe for å løse problemet) og mer distansering fra problemet for å mestre bekymringer, enn eldre aldersgrupper, og at dette kan henge sammen med at de er mer avhengige av foreldre og foresatte. Men barn og unge stoler derimot mer på forskere og teknologisk utvikling enn voksne, noe som Cook (2015) undres over da de sannsynligvis ikke har utviklet forståelse rundt dette.

Når det kommer barn og unges tro på forskere, har Cook (2015) gjort en forskning på gjensidig samarbeid mellom lærerstudenter og forskere, hvor de skal fremme demokratisk deltagelse i naturfag. Samarbeidet gikk ut på at lærerstudentene fikk prøve seg som forskere sammen med forskerne som deltok i studiet. Hun fant gjennom sin forskning at studentene fikk følelsen av at det var mulig å gjøre en forskjell, at de var nyttige og at de fikk gjort noe meningsfullt. «Feels like it matters» sa den ene lærerstudenten etter samarbeidet med forskerne, hvor hen følte på en handlekraft knyttet til prosjektet. Cook (2015) fant også ut at samarbeidet med forskere hadde en positiv innvirkning på lærerstudentene, da de følte seg «viktige».

Jarrett og Takacs (2020, s. 400) refererer til McNeill og Vaughn (2012) som hevder at sterk begrepsforståelse øker lysten til å handle når det kommer til miljø, klima og en bærekraftig verden. Som igjen kan føre til at man får en følelse av å være «viktig». Angell et al. (2019, s. 308) skriver at de fleste elevene har fått med seg at for mye CO<sub>2</sub> er farlig for klimaet, og derfor kan det være nødvendig i undervisningen å legge til rette for hvordan hvert enkelt individ kan bidra til en bedre fremtid med bærekraftig utvikling og reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp. Derfor er det viktig å finne ut hva elevene faktisk vet og mener om fremtiden, og hvordan denne kan bli mer bærekraftig. De skriver også at det er viktig at elevene tror at de store utfordringene knyttet til klima, klimaendringer og global oppvarming kan løses, og at deres handlinger og holdninger betyr noe (Angell et al., 2019, s. 307).

I 2013 ble det gjennomført en undersøkelse av blant 233 elever i videregående skole, hvor det ble kartlagt unges syn på klimautfordringene. Resultatene viste at de fleste elevene hadde troen på at teknologien kunne «fikse» fremtiden, færre mente at fremtiden ville bli «ødelagt» og veldig få elever hadde troen på en «grønn-tilbake-til-naturen» fremtid (Fløttum, 2014). Undersøkelsen viste også at elever fikk informasjon og kunnskap om klima og klimaendringer fra TV og sosiale medier, mens venner og familie ikke var viktige kilder for elevene (Fløttum, 2014). Det er ikke vanskelig å forstå at TV og sosiale medier er hovedkilden knyttet til miljø og klima for elevene, da det ble publisert en artikkel på VG den 22. april 2022 med overskriften «Varmerekorder og ekstremvær i Europa mens klimakrisen tiltar» (NTB-AFP-TT, 2022). I tillegg ble Greta Thunberg, som er symbolet på klimastreiken eller skolestreik for klimaet, kjent og delt på det sosiale mediet Twitter. Fløttum (2014) la frem i artikkelen at det er viktig å vite hva elevene synes er *vanskelig* når det kommer til kunnskap om klimaet, for at de skal kunne lære mer, samt videreformidle kunnskapen sin. Elevene som deltok i undersøkelsen uttrykte at de ønsket mer kunnskap om sammenhengen mellom globale klimaendringer og lokale effekter, samt konsekvenser av våre klimagassutslipp for fremtiden. Undersøkelsen viste også at elever hadde et engasjement når det kom til oljen i Norge. Av 114 elever som svarte på om de syntes, i et klimaperspektiv, at Norge skulle øke, opprettholde eller redusere oljeproduksjonen, mente 59 prosent at Norge burde redusere oljeproduksjonen. Dette begrunnet flere elever med at Norge burde være et godt eksempel for resten av verden og derfor gå over til fornybar energi, da vi både har penger og teknologi for å få dette til (Fløttum, 2014).

### 3.2 Språk og begrepsbruk

I boken *Words that matters in science* av Cassels og Johnstone (1985) presenteres en studie som omhandler naturfaglige ord. Fra tidligere erfaring hadde de opplevd at elever oftest hadde misforståelser rundt «vanlige» ord brukt i en naturfaglig kontekst. Forfatterne laget, i denne studien, en liste over 95 problematiske naturfagsord og dermed alternativer for riktig bruk av ordet. De fikk elever fra 200 skoler til å krysse av for riktig alternativ på listen, som fungerte som flervalgsoppgaver. Resultatene var overraskende, da det kom frem at det kun var få ord som elevene hadde god forståelse av. Det var enda mer overraskende da det var flere ord hvor elevene trodde at ordets betydning var motsatt av hva som var riktig. For eksempel antok elevene at ordet «flyktige» (på norsk; volatile) betydde «ustabil» «eksplosiv» eller

«brennbart», mens den egentlige vitenskapelige betydningen er «lett-fordampet». Dette var ukjent for de fleste elevene (Cassels & Johnstone, 1985, referert i Sirhan, 2007). I tillegg fant de lite progresjon blant enkelte ord fra et klassetrinn til et høyere klassetrinn (Cassels & Johnstone, 1985, referert i Childs & O'Farrell, 2003).

Elever lærer dog mindre dersom læreren eksplisitt eller implisitt forventer korrekt bruk av fagbegreper tidlig i læringsprosessen (Mestad & Kolstø, 2014). Mestad og Kolstø (2014), som forsket på dette, mente at grunnen til dette var at elevene ble mer opptatte av korrekt skriftlig eller muntlig forklaring, enn en riktig forståelse. Forskerne fant derimot ut at dersom læreren eksplisitt ba elevene om å bruke sine egne ord, uten å tenke på fagbegreper, til å beskrive eller forklare, så ble resultatene mye bedre.

### **3.2.1 Misoppfatninger, elevforestillinger og hverdagsforestillinger**

Når det kommer til misoppfatninger eller elevforestillinger skriver Angell et al. (2019, s. 128-129) at disse ofte er fornuftige sett fra elevenes side, bygger på elevenes erfaringer og kan på et vis forstås av andre, deriblant lærerne.

Det er mange som har undersøkt elevers misoppfatninger og elevforestillinger, men få har sett på årsaken til disse. Jarrett og Takacs (2020) har skrevet en av artiklene om årsakene til misoppfatninger, som heter *Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change*. De hevder at det er vanlig med misoppfatninger blant elever når det kommer til klimaendringer. Jarrett og Takacs (2020) utviklet en test (CCCI = Climate Change Concept Inventory), med 27 oppgaver og 7 konseptuelle områder om klimaendringer, hvor spørsmålene hadde svaralternativer. I tillegg brukte de også fokusgruppeintervju som metode for å sammenlikne svarene fra testen og elevenes forklaringer i intervjuet.

Resultatene til Jarrett og Takacs (2020) viste følgende misoppfatninger og elevforestillinger blant elevene som tok testen:

- Det er mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren
- Det er lite CO<sub>2</sub> i atmosfæren, så det er ikke så farlig.
- Vanndamp er ikke den vanligste drivhusgassen.
- CO<sub>2</sub> oppløses i vann, da forsvinner det helt bort.



- Hvis jorden avgir mindre energi enn den mottar fra solen, vil jorden bli oppvarmet.
- Noe av solens energi på jorden brukes opp, for eksempel i fotosyntesen.

I tillegg var det en vesentlig misoppfatning blant resultatene til Jarrett og Takacs (2020) når det kom til varmestråling som kom fra jorden. Flere elever stilte spørsmål ved om jorden avgir varme i det hele tatt. Det viste seg at elevene hadde en mental modell som gikk ut på at varme fra solen reflekteres fra jordens overflate, i stedet for å bli absorbert, omdannet og emittert. Noe som er viktig fordi klimagassene for det meste absorberer langbølget stråling, og ikke den korbølgede strålingen som kommer fra solen (Jarrett & Takacs, 2020, s. 414).

Etter at Jarrett og Takacs (2020) har presentert misoppfatningene og elevforestillingene med tilhørende mulige årsak, oppfordret og anbefalte de å la elevene lære begreper i andre sammenhenger, for så å knytte begrepene til naturfaglig sammenheng. I tillegg oppfordret de lærerne å gi elevene støttestrukturer som hjelp til å anvende kunnskap i ny kontekst.

Også Haug og Ødegaard (2014) anbefaler støttestrukturer eller tilrettelegging i undervisningen. De skriver i sin artikkel, *From words to concept*, om hvordan elevers begrepsforståelse kan utvikles til konseptuell forståelse. De undersøkte to klasser, hvor begge hadde lærere som fulgte den samme læreplanen. Likevel ble det funnet store forskjeller mellom klassene når det kom til begrepsforståelse. Resultatet viste at det hovedsakelig var lærernes tilrettelegging som var årsaken til forskjellen, da den ene omformulerte elevenes svar slik at de ble faglig korrekte, mens den andre stilte oppfølgingsspørsmål, bygget videre på elevers utsagn og forventet at elevene skulle bruke naturvitenskapelige begreper.

Angell et al. (2005) gjorde en studie hvor man så på nyutdannede lærere og erfarne lærere. Ifølge studien har erfarne lærere, ikke overraskende, større forutsetning til å forutse hva elever kommer til å si, og de vil også være mer forberedt på misforståelser. De er også bedre på logisk oppbygning og er flinkere til innganger til hvordan en skal forklare eller kommentere noe.

### **Misoppfatninger knyttet til drivhuseffekten**

Besson og De Ambrosis (2013, s. 1317) refererer i sin artikkel, *Teaching Energy Concepts by Working on Themes of Cultural and Environmental Value*, til flere studier (Rye et al., 1997; Meadows & Wiesenmayer, 1990; Koulaidis & Christidou, 1990) som har funnet eksempler på

misoppfatninger knyttet til drivhuseffekten og global oppvarming. Følgende er eksempler på misoppfatninger som blir nevnt i artikkelen:

- Nedbryting av ozonlaget indikerer ofte som en årsak på global oppvarming
- Forklaring på drivhuseffekten er ofte at atmosfæren «fanger» solstråler

I deres forskning gjorde Besson og De Ambrosis (2013, s. 1317) en undersøkelse hvor de stilte spørsmål, knyttet til drivhuseffekt og global oppvarming til 51 lærerstudenter og 121 videregående elever. Dette resulterte i en rekke overraskelser. Kun 6 % av lærerstudentene og 9 % av videregående elevene ga en god nok forklaring når det gjaldt absorbert solstråling og termisk utstråling fra jorden. Det var 35 % som brukte eksemplifiseringen om at solstråler ble fanget i et drivhus. I tillegg ble ofte jordens globale oppvarming forvekslet med ødeleggelse av ozonlaget eller «hullet i ozonlaget» da dette ble ødelagt av menneskelig forurensning og avskoging.

Forskningen til Besson og De Ambrosis (2013) støttes av Busch (2017, s. 16-17) som har skrevet om elevers misoppfatninger når det kommer til at ozonlaget spiller en viktig rolle når det kommer til global oppvarming. I Busch (2017) sin artikkel blir det lagt frem at elever har en oppfatning av at hvis/når det blir hull i ozonlaget vil mer stråling komme gjennom og dermed varme opp jorden.

### **3.2.2 Begrepet «naturlig»**

Resultater fra en studie gjort i USA og fem europeiske land, viser at ordet «naturlig» nesten utelukkende assosieres med noe positivt (Rozin, Fischler & Shields, 2005, referert i Rozin, 2005). I flere studier Rozin (2005) har deltatt i (Rozin et al., 2004, 2005; Spranca & Rozin, 2004) blir fenomenet om assosiasjonen beskrevet som «natural preference» eller «naturlig preferanse» på norsk, særlig i kontekst innenfor matvarer. I studiene skiller de mellom instrumentelle og idémessige grunnlag for «naturlig preferanse». Instrumentelle årsaker refererer til fordeler med naturlige enheter, da de ofte blir sett på som sunnere og snillere mot miljøet, enn det som ikke er naturlig. Idémessige årsaker refereres til det moralske og etiske, da det «naturlige» blir sett på som «det riktige». I studiene fant de at langt flere enn halvparten av deres responser ville velge et naturlig produkt fremfor et ikke-naturlig (kommersiell/kjemisk) produkt (Rozin, 2005, s. 652). Dette ble det også funnet i en studie

gjort av Cullipher et al. (2015, s. 383). I denne studien kom det frem at studenter ofte satte drivstoff merket med «naturlig» fremfor annet drivstoff, da de trodde at dette ville produsere mindre forurensende utslipp.

Rozin (2005, s. 652-653) skriver videre i sin artikkel om en studie hvor det ble sett på naturlig versus ikke-naturlig. I den studien kom det frem at mennesker ofte mener at det skal tilsettes lite ikke-naturlige enheter for å effektivt ødelegge det naturlige. Mens den andre veien mener mennesker ofte at å tilsette naturlige enheter i noe ikke-naturlig ikke vil bidra til forbedring av kvalitet eller «naturlighet» til dette ikke-naturlige produktet.

Den nyeste (per mars 2022) episoden til Folkeopplysningen på NRK har tittelen «Naturlig» hvor Andreas Wahl har rollen som programleder. Der kom det frem blant annet at fenomenet hvor mennesker har tilegnet en betydning ved et begrep kalles *den naturalistiske feilslutning*. Dette er et begrep som ble innført av Moore (1903). Når det kommer til begrepet «naturlig» har vi mennesker ofte en tro på at det som er naturlig er godt, moralsk riktig og ønskelig, som Rozin (2005) kom frem flere studier han deltok i. Folkeopplysningen trekker også frem motsetninger til «naturlig»; syntetisk, overnaturlig, uvanlig og menneskeskapt (Olsen & Haavie, 2022). På Nasjonalbibliotekets nettside kan man søke opp begreper og dermed få en oversikt over ord som assosieres med det valgte begrepet. Dersom man søker opp ordet «naturlig», er de mest assosierte ordene «sunt», «enkelt» og «riktig». I tillegg kan det nevnes at man skal lete lenge for å finne et negativt ord i denne sammenhengen (Nationalbiblioteket, u. å.).

### **3.3 SSI – Sosiovitenskapelige problemstillinger**

Et av målene med naturfagundervisningen er at elevene skal forstå bruken og implikasjonene av vitenskap, både for nåtiden og fremtiden (Dawson & Carson, 2017, s. 5).

Sadler et al. (2007, s. 373) hevder i sin artikkel, *What do students gain by engaging in socioscientific inquiry?*, at bruk av SSI i klasserommet er med på å bygge en bro mellom elevenes hverdag og det de lærer i klasserommet, da problemstillingene kan oppleves som aktuelle og relevante. Forfatterne legger også frem en teoretisk konklusjon knyttet til SSI og medborgerskap som inneholder fire viktige aspekter:

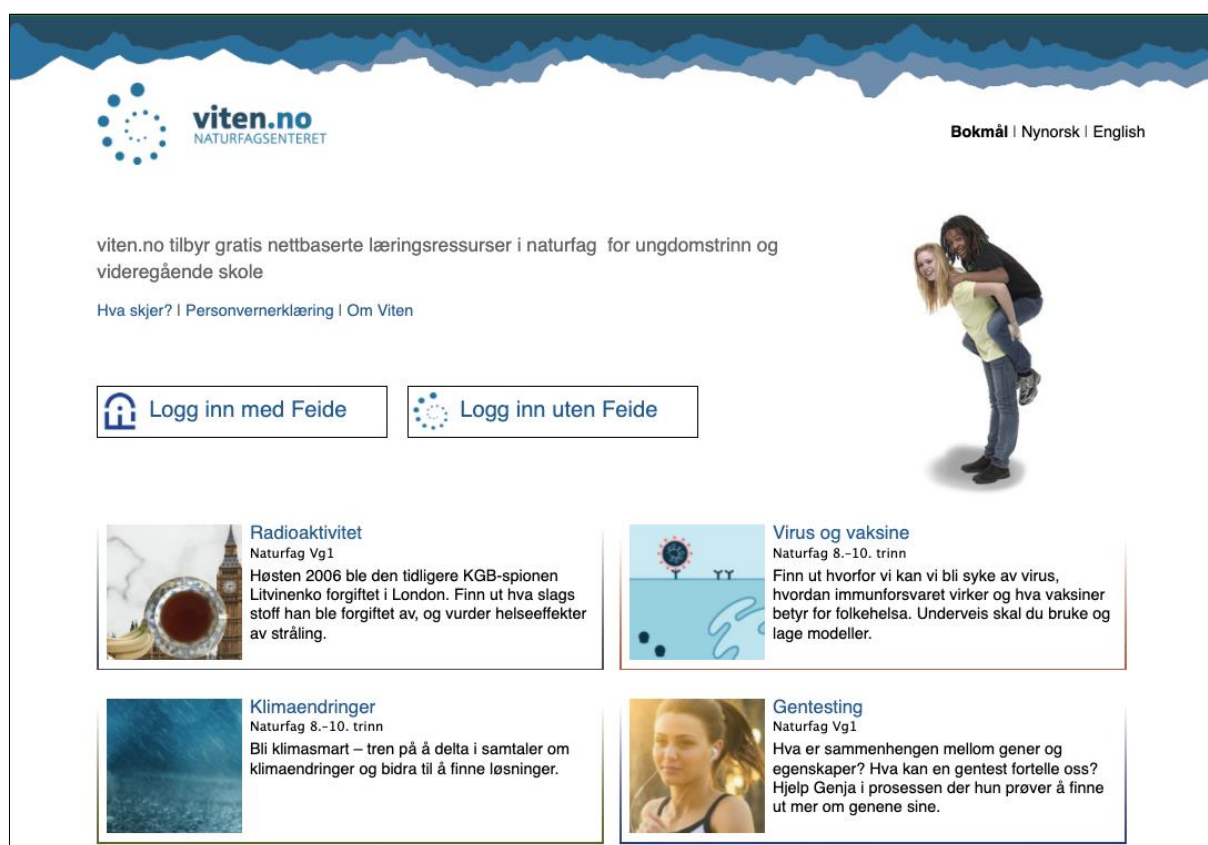
- Komplexitet: Det er komplekse spørsmål uten et fasitsvar, og det krever at elevene må forstå den iboende kompleksiteten slik at de ikke forenkler problemet ved å sette søkelys på én faktor.
- Perspektiver: Ulike perspektiver vil gi ulike løsninger. Det er ikke nødvendigvis et perspektiv som er bedre enn andre, men det betyr heller ikke at alle perspektivene er like gode. SSI krever at elever ser på problemet fra ulike perspektiver, samtidig som de anerkjenner mulige utfordringer ved egen foreslåtte løsning.
- Undersøkelser: SSI krever at elevene er nødt til å undersøke og hente inn informasjon. Det krever også at elevene har avansert forståelse, hvor de både ser på vitenskapelige og sosiale aspekter ved problemstillingen.
- Skepsis: Avansert forståelse innebærer å vise skepsis i møte med partisk informasjon, samt ha velbegrunnede argumenter for hvilke informasjonskilder man skal høre på. (Sadler et al., 2007)

Det er derimot elever som ikke liker at det ikke er et fasitsvar på problemene. Dette skriver Lee et al. (2020) etter sin studie om spenninger rundt sosiovitenskapelige problemer i klasserommet. De hevder at mange elever har blind tro på vitenskapen og har troen på at det finnes et fasitsvar.

## 4 Viten-prosjektet

Naturfagsenteret er et institutt ved Det matematisk- naturvitenskapelige fakultet ved Universitetet i Oslo. Gjennom sin virksomhet har de som mål å bidra til økt kvalitet i naturfagsopplæringen, hvor målgruppen er ansatte og ledere i barnehager og skoler. Blant annet har Naturfagsenteret utviklet ressurser som legger til rette for dybdelæring, motivasjon og interesse for naturfag hos barn og unge (Naturfagsenteret, 2021).

Viten-prosjektet er en av ressursene som er utviklet av Naturfagsenteret. Dette ble etablert i 1999 av Doris Jorde og Alex Strømme i samarbeid mellom Universitetet i Oslo (UiO) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), og ble lagt under Naturfagsenteret i 2003. Gjennom Viten-prosjektet er det ønske om å bringe frem gode eksempler på digitale læringsressurser i naturfag (Viten.no, u. å.-e).



Figur 5: Skjermdump av Viten.no sin startside, hvor en kan se fire av Viten-programmene (Viten.no, u. å.-a).

Viten-prosjektet utvikler nettbaserte undervisningsprogrammer i naturfag, hvor målgruppen er elever på ungdomstrinn og videregående. I hvert program utforsker elevene naturvitenskapelige temaer, hvor jeg skal se på programmet «Klimaendringer» (Viten.no, u.

å.-e). I Figur 5 viser en skjermdump fra startsidene til Viten.no, hvor en kan se fire av åtte programmer, eller nettbaserte læringsressurser i naturfag som er utviklet av Viten.

Hvert Viten-program innebærer en rammehistorie og et oppdrag som elevene skal følge og løse. Underveis i programmet vil elevene få presentert naturfaglig informasjon på ulike måter, ved for eksempel animasjonsfilmer, fagtekster, filmer og figurer. De vil også få ulike aktiviteter og oppgaver som skal løses underveis, deriblant flervalgsoppgaver, klink-og-dra-oppgaver og åpne tekstopp-gaver. Elevenes svar på de åpne tekstopp-gavene vil samles i en elektronisk arbeidsbok. Arbeidsboken har både lærere og elever tilgang til, elever med redigeringsmuligheter og lærer med muligheter for å kommentere. Viten selv skriver at de legger opp til «utforskende arbeidsmetoder, kritisk tenkning, bruk av grunnleggende ferdigheter og underveisvurdering, som sammen skal bidra til dybdelæring hos elevene» (Viten.no, u. å.-e).

## **4.1 Viten-programmet *Klimaendringer***

*Klimaendringer* er et program laget av Viten-prosjektet og er utviklet for ungdomsskoleelever (8.-10. trinn). I 2021 var det totalt 17 126 elever som deltok i *Klimaendringer*, fordelt på 959 klasser i Norge. Dette indikerer på at programmet er svært populært blant ungdomskoler i Norge (Ø. Sørborg, personlig kommunikasjon, 25. januar 2022).

*Klimaendringer* inneholder tre deler, «Jorda blir varmere», «Konsekvenser» og «Hva må vi gjøre?», med tilhørende læringsmål (se Tabell 3).

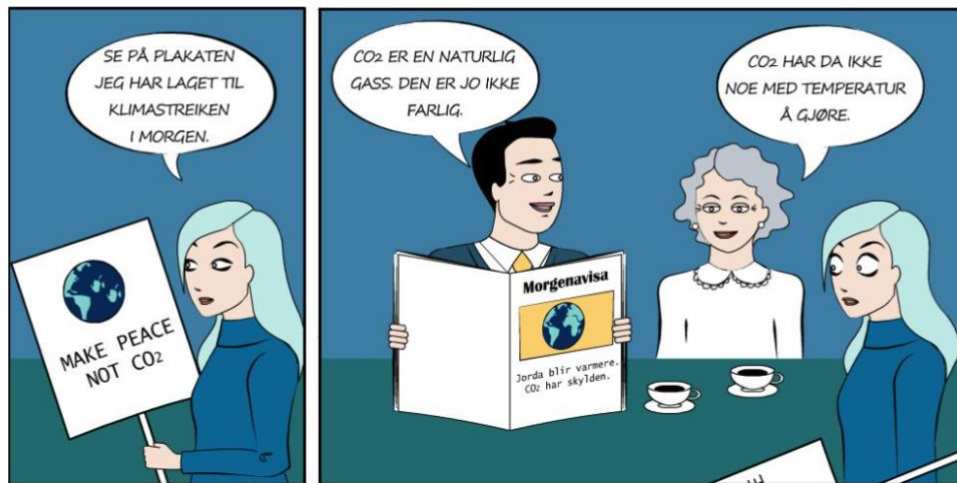
Tabell 3: Oversikt over de tre delene av Klimaendringer, samt deres tilhørende læringsmål. Hentet fra Viten.no (Viten.no, u.å.-d).

Del:	Læringsmål:
<b>1. Jorda blir varmere</b>  Hva er drivhuseffekt? Hvorfor har mengden CO <sub>2</sub> i atmosfæren økt de siste hundre årene? I denne delen skal du lære mer om hvorfor temperaturen på jorda øker.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beskrive drivhuseffekten</li> <li>▪ Gjøre rede for faktorer som kan være årsak til klimaendringer</li> <li>▪ Analysere og bruke data om klima til å forklare hvorfor jorda blir varmere</li> <li>▪ Begrunne påstander med faktaopplysninger</li> </ul>
<b>2. Konsekvenser</b>  Temperaturen på jorda øker. I denne delen skal vi se på konsekvenser som mer ekstremvær og stigende havnivå, og hva dette vil bety for mennesker og natur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gi en oversikt over konsekvenser av temperaturøkning på jorda</li> <li>▪ Beskrive hvordan klimaendringer (abiotiske faktorer) påvirker planter og dyr (biotiske faktorer)</li> <li>▪ Gi eksempler på hvordan klimaendringer påvirker biologisk mangfold, landbruk og mennesker</li> </ul>
<b>3. Hva må vi gjøre?</b>  Vi lever i et forbrukersamfunn og er veldig avhengige av fossile energikilder. I denne delen skal vi se på hvordan vi kan redusere CO <sub>2</sub> -utslippene våre.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Drøft hvordan ulike energikilder og energibruk påvirker miljøet</li> <li>▪ Gi eksempler på hvordan vi kan redusere CO<sub>2</sub>-utslipp ved å skifte fra fossile til fornybare energikilder og redusere forbruk</li> </ul>

I tillegg finnes «Arbeidsboka». Den inneholder alle de skriftlige oppgavene som elevene har gjort underveis i *Klimaendringer*. Det er ikke et løsningsforslag til oppgavene i *Klimaendringer*, men noe jeg laget selv basert på læringsstoffet i *Klimaendringer* og lærebøker i naturfag på ungdomstrinnet. Alle oppgavene og tilhørende løsningsforslag er å finne i Vedlegg 1.

For å vise hvordan *Klimaendringer* ser ut har jeg tatt en skjermdump (Figur 6) av de to første oppgavene som er en viktig del av min studie. Skjermdumpen er tatt fra del 1 av programmet: «Jorden blir varmere».

I aviser, på tv, i samfunnsdebatter og rundt middagsbordet blir det snakket mye om klimaendringer. Her er en samtale i forbindelse med en klimastreik.



#### Oppgave 1A

Her er en påstand fra tegneserien:

- CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig.

Er du enig eller uenig i påstanden? Begrunn svaret.

*Du må være innlogget som elev for å skrive inn/lagre svar.*

#### Oppgave 1B

Her er en annen påstand fra tegneserien:

- CO<sub>2</sub> har ikke noe med temperatur å gjøre.

Er du enig eller uenig i påstanden? Begrunn svaret.

*Du må være innlogget som elev for å skrive inn/lagre svar.*

Figur 6: Skjermdump av tegneserie og oppgave 1a og 1b i Klimaendringer fra (Viten.no, u. å.-b)



## 5 Metode

Som nevnt innledningsvis er problemstillingen min «Hvordan er ungdomsskoleelevers forståelse av sentrale begreper og prosesser knyttet til drivhuseffekten i kontekst av Vitenprogrammet *Klimaendringer?*». For å besvare denne problemstillingen har jeg valgt å bruke data fra Vitenprosjektet om består av elevsvar, altså empirisk materiale (Øgreid, 2021, s. 327), fra åpne oppgaver om klima og drivhuseffekten. Elevttekst, eller elevsvar, definerer Øgreid (2021, s. 331) som «en tekst skrevet av en eller flere elever innenfor en skolepedagogisk kontekst».

Jeg har gjort en kvalitativ forskning, hvor jeg går i dybden i mitt datamateriale. Forskningen min går ikke bare ut på å finne ut hvilke begreper elever bruker eller ikke bruker, men hvordan de blir brukt, i hvilken kontekst de er brukt og forklaringen rundt begreper og fenomener. Med andre ord er jeg opptatt av elevers forståelse rundt begreper, og dermed passer det best med kvalitativ forskning kontra kvantitativ forskning (Gleiss & Sæther, 2021, s. 31).

Selv om jeg har kvalitative data og gjør en kvalitativ studie, kommer jeg til å oppgi enkelte resultater i tabeller og diagrammer for å gi leserne en bedre oversikt over resultatene, hvor jeg oppgir antall elevbesvarelser som blir tatt med i beregningen. Ifølge Patton (1999, s. 1207) vil dette gi leseren en følelse av presisjon og nøyaktighet. Jeg teller altså fenomenografisk (Marton, 1981) for å indikere utbredelse av ideer, og for oppsummering og illustrering. Det er omdiskutert om en kan gjøre en kvalitativ innholdsanalyse og også telle forekomster av ulike trender i tekstene, men (Hsieh & Shannon (2005) referert i Bakken & Andersson-Bakken, 2021, s. 307) hevder at «*kvalitativ* innholdsanalyse [er] en betegnelse på alle former for innholdsanalyse der forskeren gjør en fortolkning av innholdet i teksten uansett om forskeren teller forekomster av innholdselementer eller ikke». På tross av at jeg foretar en kvalitativ, tematisk innholdsanalyse benytter jeg meg av fenomenografisk fremstilling, fordi det er vanlig i utdanningsvitenskap å gjøre tellinger av fortolkede innholdsanalyser (Bakken & Andersson-Bakken, 2021, s. 308). Ved fenomenografiske fremstillinger kommer jeg til å nevne hvor mange elevsvar som er inkludert i tabellen, som blir uttrykt med for eksempel N=30 dersom 30 elevsvar blir analysert i den aktuelle konteksten.

## 5.1 Data - elevsvar

Jeg har fått data fra tre klasser på 10. trinn som gjennomførte *Klimaendringer* høsten 2020. Mot slutten av 2020 fikk jeg tildelt anonymiserte data fra prosjektledere for Viten-prosjektet (Viten.no, u. å.-e). Grunnen til at jeg nettopp fikk disse datasettene, var fordi klassene, ut fra Naturfagsenterets kontaktlister, meldte seg frivillige til å delta på prosjektet og være med i forskning.

Datamaterialet mitt består av 47 elevers svar på 35 oppgaver. Jeg har valgt å nummerere hver elev (fra 1 til 47) for å holde et enkelt system, og vil heretter referere Elev «X». Oppgavenes opprinnelige nummer fra *Klimaendringer* vil bli beholdt gjennom hele min masteroppgave.

Øgreid (2021, s. 327) skriver at elevtekster ikke kan studeres og forstås uavhengig av skolekontekst og hvem som skriver, da skrivingen blant annet blir påtvunget. I tillegg skjules elevenes motivasjon, skrive lyst og kognitive evner for meg som forsker. Dette kan være noe å merke seg når jeg analyserer elevsvarene, da jeg kun ser på selve elevsvaret og ikke har noen kontekst eller bakgrunn for teksten. Likevel skal jeg ikke se på selve skrive-kunnskapene til elevene, men heller valg av begreper og hvordan de forklarer ulike begreper og fenomener.

Det totale datamaterialet mitt består som sagt av 35 oppgaver med tilhørende elevsvar. Flere av oppgavene retter seg mot etikk, samfunnsfag og biologi, derfor endte jeg opp med 9 aktuelle oppgaver (se tabell Tabell 4) som er relevante for å gi svar på problemstillingen og forskningsspørsmålene.

Tabell 4: Oversikt over oppgaver jeg har tatt utgangspunkt i for min forskning - hentet fra Viten.no (Viten.no, u. å.-c)

Oppgave:	Oppgaveteksten:
Oppgave 1a	Her er en påstand fra tegneserien: <ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig.</li> </ul> Er du enig eller uenig i påstanden? Begrunn svaret.
Oppgave 1b	Her er en annen påstand fra tegneserien: <ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> har ikke noe med temperatur å gjøre.</li> </ul> Er du enig eller uenig i påstanden? Begrunn svaret.
Oppgave 2	Forklar hvorfor vi kan registrere rekordlave temperaturer samtidig som gjennomsnittstemperaturen på jorda øker. Bruk informasjon i filmen og innledningsteksten til filmen i forklaringa di.
Oppgave 3	Hva skjer med gjennomsnittstemperaturen på jorda hvis CO <sub>2</sub> -konsentrasjonen i atmosfæren øker? Begrunn svaret ditt med å forklare hvorfor. Forsøk å bruke følgende ord i forklaringa di: varmestråling, absorpsjon, CO <sub>2</sub> og temperatur.
Oppgave 4	Beskriv CO <sub>2</sub> ved å bruke ordene/setningene du flyttet i den grønne boksen ovenfor.
Oppgave 5	I oppgave 1A svarte du følgende: [tidligere elevsvar] Skriv et nytt og forbedret svar der du begrunner om du er enig/uenig i påstanden. En god begrunnelse inneholder relevante faktaopplysninger. Bruk det du har lært så langt i programmet
Oppgave 6	Beskriv hvordan du tror gjennomsnittstemperaturen på jorda vil være de neste hundre årene. Begrunn svaret ditt ved å bruke informasjon fra grafene ovenfor.
Oppgave 7	I oppgave 1B svarte du: [tidligere elevsvar] Skriv et nytt og forbedret svar der du begrunner om du er enig/uenig i påstanden. Begrunnelsen bør inneholde informasjon fra grafene ovenfor.
Oppgave 20	Hva mener du vi kan gjøre for å redusere CO <sub>2</sub> -utslipp? Foreslå tre tiltak.

Som du kan se, er oppgavene (i Tabell 4) markert i ulike farger. De ulike fargene representerer hvilke temaer eller kategorier oppgavene inngår i.

- Blå oppgaver; oppgave 1, 1b, 2, 3, 5 og 7: Oppgavene som er hovedgrunnlaget for studien min. Disse inngår i de fleste temaene og kodet for å studere begrepsbruken i elevsvarene.
- Gul oppgave; oppgave 4: Denne oppgaven inngår kun til å se på hvordan elever beskriver CO<sub>2</sub>.
- Røde oppgaver; oppgave 6 og 20: Disse oppgavene inngår kun til å se på elevers tanker om fremtiden og tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp.

### **5.1.1    Forskningsetikk**

Gleiss og Sæther (2021, s. 43) presenterer tre sentrale prinsipper når det kommer til forskningsetikk; informert samtykke, konfidensialitet og anonymisering, og unngå negative konsekvenser for deltakere og ikke-deltakere.

Prosjektledere på Viten hadde allerede anonymisert alle elevsvarene før jeg fikk dem tilsendt. På den måten har jeg ingen forutsetning for å vite hvem som har skrevet hva. Viten-prosjektet har NSD-godkjenning, og fikk samtykke fra alle elevene til at deres arbeidsbok kunne bli brukt til forskning – inklusivt min masteroppgave. Dette gjorde at jeg selv ikke trengte å søke om NSD-godkjenning, eller ha noe kontakt med informantene. Det vil også si at jeg ikke har noe forhold til informantene, som igjen sikrer anonymiteten (*Generelle forskningsetiske retningslinjer*, 2014; LINK, 2021, Modul 2.5).

## **5.2      Analyse**

Jeg har foretatt en tematisk innholdsanalyse. Innholdsanalyse ga meg «frihet til å velge relevante teoretiske begreper fra forskningslitteraturen» (Gleiss & Sæther, 2021, s. 137) som kan hjelpe meg som forsker til å analysere og fortolke elevsvarene. Dette er en aktuell analysemetode for min forskning, da jeg skal si noe om en stor mengde elevsvar til oppgaver i *Klimaendringer*. Siden jeg gjennomførte en kvantitativ studie, gjorde denne formen for analyse at forskningen ble mer fleksibel, i tillegg til at jeg hadde mulighet til å endre tema eller problemstilling når jeg oppdaget interessante funn i datamaterialet (Gleiss & Sæther, 2021, s. 137-139). På en annen side hevder Bakken og Andersson-Bakken (2021, s. 305) at

«innholdsanalyse fokuserer på innholdet i tekstene og ikke på tekstens struktur eller språklige uttrykksform», hvor jeg egentlig også skal se på den språklige uttrykksformen elevene har brukt. Tematisk analyse er oftest abduktiv og hvor datamaterialet blir analysert tematisk på tvers av ulike tekster, slik som jeg har gjort med elevsvarene fra *Klimaendringer* (Braun & Clarke, 2006; Maguire & Delahunt, 2017, referert i Gleiss & Sæther, 2021, s. 171).

Før jeg leste gjennom elevsvarene laget jeg et løsningsforslag til hele *Klimaendringer* (se Vedlegg 1). Ved å ha et løsningsforslag har jeg fått en oversikt over hva som er sentrale elementer i svar som man kan forvente av (høytpresterende) elever på ungdomstrinnet i *Klimaendringer*. Deretter leste jeg gjennom elevsvarene for å undersøke om mitt løsningsforslag samsvarte med hva elevene hadde svart. Jeg har også sett nøye over hele *Klimaendringer*, samt sett i ulike lærebøker for ungdomstrinnet, før jeg oppdaterte løsningsforslaget slik at det ikke ble for omfattende og komplekst. Da var jeg klar for å se nærmere på elevsvarene og lage et kodesystem.

For å få svar på min problemstilling og mine forskningsspørsmål, har jeg valgt å foreta en abduktiv koding. Det vil si en kombinasjon av deduktiv og induktiv koding, hvor jeg har tatt hensyn til forståelse av krav til hva jeg forventer at elevene har skrevet i sine svar, samt sett på svarene før jeg lagde et kodesystem (Gleiss & Sæther, 2021, s. 170-171).

Jeg valgte å kode og analysere elevsvarene i to ulike retninger. I den ene retningen så jeg på trendene i elevsvarene, hvor det ble sett på misoppfatninger, begrepsbruk og forklaringer rundt ulike begreper. I den andre retningen gikk jeg mer inn på hver enkelt elevs utvikling, hvor jeg i all hovedsak tok for meg to par med oppgaver, oppgave 1a og 5 og oppgave 1b og 7.

Gjennom en systematisering og koding av et slikt datamateriale, vil det innebære at materialet blir komprimert, samt at detaljer vil falle bort (Furseth & Everett, 2012, s. 146). Dette er noe jeg er bevisst ved, men som man ikke kan unngå i en slik prosess hvor det er begrenset plass til visning av oversiktlige resultater.

## 5.2.1 Koding og sortering av elevsvar

### Tendenser i elevgruppen

Dette er retningen hvor jeg ønsker å se på alle svarene til et utvalg oppgaver. Oppgavene jeg har plukket ut er basert på relevansen til min problemstilling og hvordan de kan bidra til å svare på mine forskningsspørsmål. I utgangspunktet var det 35 oppgaver som elevene svarte på, som ble samlet i Arbeidsboka. Etter å ha undersøkt samtlige oppgaver foretok jeg et utvalg av oppgaver som er relevante for min forskning. Oppgavene jeg har tatt utgangspunkt i er listet opp i Tabell 4 (se også Vedlegg 1).

Jeg benyttet av kodingsprogrammet Nvivo for å se på elevgruppens tendenser. Der la jeg inn koder som omfattet naturfaglige begreper (Mork & Erlien, 2017), som også inngikk i *Klimaendringer*. Jeg har valgt å forenkle tabellen til Mork og Erlien (2017, s. 28) hvor de har delt inn naturfaglige ord i fire (navnsettende ord, prosessord, begreper og matematiske «ord» og symboler), mens jeg har slått sammen *navnsettende ord* og *begreper* til kun *begreper*. I tillegg markerte jeg uttalelser hvor jeg tolket at elever hadde en misoppfatning eller noe som skilte seg ut på negativt vis. De følgende kodene er listet opp i Tabell 5.

Tabell 5: Oversikt over koder, inspirert av Mork og Erlien (2017) med begreper som er inkludert i *Klimaendringer* (unntatt "global oppvarming", det har jeg tatt med på eget initiativ).

Begreper:	Prosessord:	Matematiske ord og symboler:
Grunnstoff	Drivhuseffekt	Data, tabell, graf
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>	Smelting	Statistikk
Klimagass	Absorpsjon	Mengde
Varmestråling	Fotosyntese	Trend
Klima	Refleksjon	Gjennomsnitt
Naturlig gass	Global oppvarming	
Vær		
Atmosfæren		
Klimagass		

Ikke alle disse kodene vil bli presentert i resultatene, kun de som jeg mener kan bidra til å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene. Kodingen var en måte å få sortert datamaterialet på en oversiktlig måte. I resultatkapittelet vil jeg gå inn på kodene som er markert grønne, da det er disse kodene som gir mest aktuelle resultater.

I oppgave 4 ble elever bedt om å beskrive CO<sub>2</sub> ved å bruke begreper eller setninger som de tidligere har brukt i en aktivitet. Derfor brukte jeg følgende ord og setninger (se Tabell 6) til å kode denne oppgaven, som er hentet fra *Klimaendringer* på Viten.no.

Tabell 6: Koder for oppgave 4, hentet fra Klimaendringer (Viten.no, u. å.-b).

Ord/setninger:
Finnes i atmosfæren
Klimagass
Ikke giftig i små mengder
Blir frigjort ved forbrenning av olje, kull og gass
Finnes naturlig i lufta
Gass som mennesker puster ut
Bidrar til drivhuseffekten
Gass som plantene bruker i fotosyntesen
Har det kjemiske navnet karbondioksid
Var i atmosfæren før den industrielle revolusjonen

Etter å ha kodet og sortert dataene ut fra tabellene ovenfor (Tabell 5 og Tabell 6), valgte jeg å gå inn på enkelte koder for å se dypere i elevsvarene og utsagnene. Det var kodene «varmestraling», «naturlig gass», «drivhuseffekt», «absorpsjon» og «mengde» jeg gikk dypere inn på for å undersøke elevenes forståelse rundt begrepene og prosessene. Jeg telte også opp frekvensen ved de ulike svarene, som jeg har lagt frem i diagrammer og tabeller i kapittelet hvor jeg presenterer resultater.

### Enkeltelevers utvikling

For å studere enkeltelevers utvikling ble det foretatt en nøye gjennomlesing av elevsvarene til oppgave 1a, 1b, 5 og 7, da disse oppgavene opptrer i par (se Tabell 4). Jeg tok en skjermdump av tegneserien som er knyttet opp til påstandene elevene skal vurdere i nevnte oppgaver, som kan sees i Figur 7 og Figur 8. Oppgave 1a og 5 er like, men elevene har fått mulighet til å lære mer før oppgave 5, i tillegg til at de i oppgave 5 får muligheten til å oppdatere og forbedre svaret sitt. Det samme gjelder for oppgave 1b og 7.



Figur 7: Bilde fra tegneserien til oppgave 1a og 5 i Klimaendringer, hentet fra [viten.no](http://viten.no) (Viten.no, u. å.-b).

Figur 8: Bilde fra tegneserien til oppgave 1b og 7 i Klimaendringer, hentet fra [viten.no](http://viten.no) (Viten.no, u. å.-b).

Elevsvarene ble sortert i tre grupper: «Negativ/ingen utvikling», «negativ og positiv utvikling» og «positiv utvikling». Disse inndelingene ble sortert ut fra et kodeskjema, hvor jeg har beskrevet hva som inngår i hver av de tre gruppene for utvikling (Tabell 7).



Tabell 7: Oversikt over de tre inndelingene for utvikling av elevsvar, knyttet til oppgave 1a, 1b, 5 og 7 i Klimaendringer, samt forklaring til kode og eksempel på elevsvar til hver kode.

Kode for utvikling:	Forklaring til kode:	Eksempel på utvikling i svar fra enkeltelever:
Negativ/ingen utvikling	Eleven har vist mindre forståelse i andre forsøk enn første forsøk. Det kommer frem feil i andre forsøk, eller fagbegreper er blitt brukt feil i andre kontra første forsøk. Eller så er eleven fornøyd med sitt tidligere svar, og derfor har ikke svart eller ikke utdypet noe mer.	«Jeg er enig i at CO <sub>2</sub> er en farlig gass. Det kan være farlig hvis man puster inn kjempemasse av det.» (Elev 33, oppgave 1a)  «CO <sub>2</sub> er farlig i små mengder og er noe som er i luften hele tiden så det er farlig uansett hvilken mengde man får i seg.» (Elev 33, oppgave 5)
Negativ og positiv utvikling	<u>Fagbegreper</u> Eleven har brukt nye fagbegreper, men de er blitt brukt feil. Eller så mangler det fagbegreper.	«Det er riktig nok en naturlig gass og i utgangspunktet ikke farlig, men så fort det blir for mye eller for lite CO <sub>2</sub> begynner det å bli farlig.» (Elev 14, oppgave 1a)  «Det er i utgangspunktet en ufarlig og også naturlig gass, men om det blir for mye CO <sub>2</sub> i atmosfæren vil det føre til at solstrålene som ikke slipper ut av atmosfæren kommer tilbake ned på jorda og varmer opp planeten vår slik at det blir ørken og tørke flere plasser i verden. Men om det blir for lite CO <sub>2</sub> i atmosfæren vil det føre til en ny istid. Da slipper alle solstrålene ut av atmosfæren og dermed blir det ingen varme på jorda.» (Elev 14, oppgave 5)
	<u>Forklaringen</u> Eleven har gitt ny forklaring, men forklaringen er mangelfull eller ikke helt riktig.  Eleven har ikke tatt med essensielle aspekter som forventes i svaret.	«Jeg er uenig siden at for mye CO <sub>2</sub> gass er dårlig, og gjør jorden varmere. Hvis det hadde vært grei nok mengde med CO <sub>2</sub> hadde det vært greit.» (Elev 36, oppgave 1a)  «Jeg er uenig siden at for mye CO <sub>2</sub> gass i atmosfæren er dårlig for jorden, og gjør den varmere. Den bidrar til ting på jorden som f.eks. fotosyntesen og drivhuseffekten, det er noe den faktisk ikke gjør skade av.» (Elev 36, oppgave 5)
	<u>«Hverdagsspråk»</u> Eleven har gitt en forbedret forklaring, men det er ikke blitt brukt aktuelle fagbegreper, kun beskrivelsen rundt begrepene.	«CO <sub>2</sub> har masse med temperaturen og gjøre hvis det blir for lite så blir det kaldt og hvis det blir for mye CO <sub>2</sub> så blir det veldig varmt.» (Elev 8, oppgave 1b)  «Temperaturen på jorda har økt med en veldig brå graf de siste årene, hvis den fortsetter sånn som dette vil det bli nye varmekorder.» (Elev 8, oppgave 7)
Positiv utvikling	Eleven har vist positiv utvikling i form av korrekt bruk av fagbegreper og/eller korrekt bruk av forklaringer.	«Jeg er uenig med påstanden fordi CO <sub>2</sub> er en drivhusgass. CO <sub>2</sub> bidrar til drivhuseffekten som gjør jorda varmere.» (Elev 24, oppgave 1b)  «Karbon-dioksid (CO <sub>2</sub> ) er en klimagass som bidrar til drivhuseffekten som varmer opp jorda. CO <sub>2</sub> hindrer at varmestrålingene fra jorda slipper ut.» (Elev 24, oppgave 7)

Etter at elevsvarene ble sortert etter utvikling, gikk jeg dypere i begrunnelsen for hvorfor jeg sorterte dem i akkurat den gruppen utvikling. Elevsvarene som hadde minimal eller ingen utvikling blant disse oppgavene ble ikke brukt i min studie, da jeg var ute etter å se på en utvikling. Derfor så jeg spesifikt på de elevsvarene som hadde positiv utvikling, og dermed hva som gjorde dem til bedre svar.

Analysen ble foretatt uten å sammenlikne svarene med andre elevers svar. Det ble med andre ord sett på hver enkelt elevs utvikling individuelt.

### **5.2.2      Analyse av ulike aspekter ved drivhuseffekten**

Det er mange aspekter ved drivhuseffekten, derfor valgte jeg å gå mer stykkevis til verks for å kunne undersøke elevenes forståelse av prosessen, i tillegg til begrepsbruken og begrepsforståelsen knyttet til temaet.

#### **Drivhuseffekten**

Opgavene som indirekte omhandler drivhuseffekten i *Klimaendringer*, er de jeg har kodet blå (se Tabell 4). For å undersøke hva elevene skrev om drivhuseffekten, måtte jeg se på ulike aspekter ved drivhuseffekten blant elevsvarene. Dette gjorde jeg i to trinn, først fant jeg elevsvar der begrepet ble brukt, deretter fant jeg elevsvar som forklarte drivhuseffekten uten å bruke begrepet «drivhuseffekt».

#### **Absorpsjon**

Absorpsjon, i dette tilfellet, er knyttet til konteksten «jordatmosfæren». Alle utsagnene fra elevsvarene som omhandlet absorpsjon ble tatt i betraktning, samt delt opp i om de har brukt begrepet «absorpsjon» eller ikke. Deretter ble det sett på hvilke ord de hadde erstattet for prosessen «absorpsjon», samt om de hadde brukt begrepet eller forklaringen i riktig kontekst. Det ble også sett på hva elevene skriver knyttet til hva som blir absorbert i jordatmosfæren.

#### **Stråling**

Stråling er også en sentral del av drivhuseffekten, som jeg skal gå nærmere inn på. Derfor ble det undersøkt hvilke begreper elevene brukte for «varmestrålingen» fra jorda som blir absorbert i atmosfæren, og hvor mange elever som har brukt disse begrepene.

### **Andre koder som blir analysert**

CO<sub>2</sub> og dets egenskaper blir undersøkt nærmere for å se om elevene har forstått at det er en gass av molekyler i atmosfæren, og forstått hvilken funksjon gassen har. I tillegg ble det sett på om elevene mener CO<sub>2</sub>-gassen er en naturlig gass eller ikke, og om de inkluderer mengdeperspektivet til temperatur og klimaendringer. For å se hvordan elevene beskriver CO<sub>2</sub> ble svarene deres kodet etter ord og setninger som beskriver eller ikke beskriver CO<sub>2</sub> i en tidligere aktivitet i *Klimaendringer*. Beskrivelsen av CO<sub>2</sub> ble kun knyttet til oppgave 4 (Tabell 4).

Jeg var også opptatt av å se hvorvidt elevene refererte til grafen(e) fra *Klimaendringer* for å støtte opp sine argumenter og påstander. Dette er fordi det naturvitenskapelige språket ofte innebærer sammensatte tekster med ulike representasjonsformer. Ved å se på hvorvidt elevene har brukt grafen(e) i besvarelsene, kan dette gi en indikasjon på en bedre forståelse av naturvitenskapen, og i denne sammenhengen drivhuseffekten, som er knyttet til problemstillingen og forskningsspørsmålene.

Til slutt undersøkte jeg elevenes tanker om fremtiden, da med tanke på tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp og om de var positive til fremtiden. I dette tilfellet ble det kun sett på elevsvar fra oppgave 6 og 20 (Tabell 4). Årsaken til at jeg vil undersøke elevers tanker om fremtiden, samt tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp, er fordi også disse er aspekter ved drivhuseffekten som er viktig å ha en viss forståelse rundt.

### **5.2.3 Sitater**

Jeg har tatt for meg flere sitater fra elevenes besvarelser til ulike oppgaver for å bygge opp om resultatene. Blant elevsvarene var det flere stavefeil og grammatiske feil, som jeg har tatt meg frihet til å korrigere med hensyn til masteroppgaven. Det jeg derimot ikke har korrigert er setningens syntaks, da det kunne medført at jeg tilegnet elevsvarene mer forståelse enn de potensielt sett har.

Det er veldig mange elevsvar (47 elever og 35 oppgaver), så jeg vil velge ut noen sentrale sitater som kan representere flere elever, samt sitater som kun representerer enkeltsvar og spesialtilfeller.

## 5.3 Begrensninger

Det er flere begrensninger ved min forskning, og hadde jeg hatt flere midler og bedre tid, kunne jeg ha møtt disse og gjort en enda mer omfattende forskning.

Jeg har ikke samlet inn data selv, men fått det fra *Klimaendringer* til Viten.no. Dette sparte meg for mye tid når det kommer til å lage spørsmål som elever skulle svare på, samt innsamling av elevsvarene. Jeg har ikke konstruert og formulert spørsmål som ville gitt meg mer konkrete svar fra elevene. Dette har da ført til at jeg har måttet tolke svarene i samsvar med andre svar for å finne ut hva elevene mener, i stedet for at jeg kanskje hadde fått et tydeligere svar på det jeg lette etter – altså om elevene har forstått begreper, konsepter og fenomener knyttet til klima og drivhuseffekt.

Datamaterialet mitt består av kun tre klassesett med svar, derfor vil ikke mine resultater kunne generaliseres. Men det kan gi en pekepinn på hva elevgruppen ikke mestrer, og hva som er vanskelig når det kommer til klima og drivhuseffekt. I tillegg kan denne oppgaven hjelpe til med å sette lys på begrepsbruk, og om hvorfor det er viktig med begrepslæring og riktig forståelse rundt begreper (Dalen, 2011, s. 96).

Etter å ha sett over datamaterialet mitt, som består av 47 elevers deltakelse på 35 oppgaver, var det tydelig at det var en del elever som ikke hadde besvart en god del spørsmål. Jeg vil presisere at det kan det være flere årsaker til dette, blant annet at læreren ikke har prioritert tid til *Klimaendringer* i timene, eller at elever har vært i karantene eller syke på grunn av Covid-19. I tillegg ønsker jeg å kommentere at elevene ikke fikk egen karakter for sitt arbeid i *Klimaendringer*, men det var en faktor som spilte inn på en helhetlig karakter på Miljø og klima. Elevene fikk vite dette på forhånd, og de visste også at lærerne ville se på deres arbeid underveis og/eller etter gjennomføring av programmet. Patton (1999, s. 1202) hevder at det kan skapes en «glorieeffekt» når informanter vet at dataene skal samles inn, og dermed kan de svare annerledes på spørsmål enn vanlig for å «vise seg frem» eller gjøre et godt inntrykk.

For å øke kvaliteten på forskningen min, kunne jeg ha snakket med elevene i etterkant for å få en oppklaring på deres svar, gitt at jeg hadde hatt muligheten til å møte dem. Mine informanter er anonyme selv for meg, så jeg hadde ingen mulighet til å kunne stille oppfølgingsspørsmål for å få et bedre bilde av deres forståelse. Med intervjuer eller samtaler i etterkant av programmet, ville dette ha økt kvaliteten på masteroppgaven min fordi jeg hadde

brukt metodetriangulering, som er å kombinere ulike metoder for å for eksempel følge opp interessante funn (Creswell & Miller, 2000, s. 126-127; Gleiss & Sæther, 2021, s. 32). Jeg har kun benyttet meg av én form for metode, koding og analyse av kvalitativt datamateriale, noe som Patton (1999, s. 1192) hevder kan være mer sårbart for feil enn dersom jeg hadde benyttet meg av enda en metode. Da hadde jeg triangulert ved hjelp av flere metoder som kunne gitt flere typer data. Dette kunne fungert som en gyldighetskontroll på tvers av data og økt kvaliteten på forskningen min.

## 6 Resultater

Jeg har valgt å se på resultatene i to ulike retninger. I den første retningen, elevgruppens forståelse, tar jeg for meg ulike spørsmål og ser på elevsvarene – uavhengig av hva elevene tidligere har svart. Jeg vil derfor få svar på det første forskningsspørsmålet om typiske forekommende forestillinger og utfordringer blant elevene i mitt utvalg. I den andre retningen, enkeltelevers forståelse, tar jeg for meg et utvalg elever og ser på deres utvikling i svarene knyttet til oppgave 1a, 1b, 5 og 7 (se Tabell 4). Dette vil være med på å svare på forskningsspørsmålet om hva elever kan lære når de arbeider seg gjennom *Klimaendringer*.

Jeg vil presentere noen svar i tabeller for å gi en oversikt over hva som er blitt besvart av elevene, mens andre ganger vil jeg presentere noen sitater fra elevene.

### 6.1 Elevgruppens tendenser og fellestrekk ved forståelse

I følgende delkapittel vil det bli presentert trender, samt noen spesialtilfeller, blant elevsvarene i *Klimaendringer*. Trendene ble oppdaget etter å ha sett på alle elevsvarene til hver enkelt oppgave.

#### 6.1.1 Tendenser og forståelse knyttet til drivhuseffekten

Mye i datamaterialet tyder på at det er vanskelig å få helt taket på drivhuseffekten. Det er en kompleks prosess, og elevene lærer selvsagt ikke alt i detaljer. Men det skal nevnes at elevene fikk presentert en meget forenklet og konkret film om drivhuseffekten, og fremdeles er det en del som gjenstår før elevene har fått helt grepet om prosessen.

Etter å ha sortert ut alle elevsvarene til oppgave 1a, 1b, 2, 3, 5 og 7 (Tabell 4) som omhandlet drivhuseffekten (se kapittel 5.2.2) fant jeg at hele 89 elevsvar som omhandlet drivhuseffekten. Det var derimot kun 41 elevsvar som inneholdt begrepet «drivhuseffekt». I Tabell 8 er det blitt listet opp hva elevene skrev i stedet for å bruke begrepet «drivhuseffekt».

Tabell 8: Sitater som omhandler drivhuseffekten, uten å bruke begrepet «drivhuseffekt», fra elever på Klimaendringer.

Elev:	Oppgave:	Sitat fra elevsvar:
16	1a	«Atmosfæren blir tykkere og færre solstråler slippes ut.»
3	1b	«Mindre sollys slippes ut og det blir varmere.»
12	1b	«CO <sub>2</sub> varmer opp jordkloden ved å holde varmen fra sollyset.»
19	1b	«Når sollys kommer ned på kloden vil CO <sub>2</sub> fange masse sollys og få det inn på jorden igjen.»
8	3	«Sollys og stråling som treffer jorda vil ikke bli sluppet ut, så da blir det varmere.»
14	3	«CO <sub>2</sub> beholder mer av varmestrålene som er på vei ut til verdensrommet igjen.»
30	3	«Flere solstråler vil sendes tilbake til jorden og varme den enda mer opp

Disse utsagnene viser til flere hull i forståelsen når det kommer til prosessen om drivhuseffekt. Selve drivhuseffekten er kompleks, men likevel kan man forvente at elevene vet at CO<sub>2</sub> i atmosfæren absorberer varmestråling som kommer fra jorda, i tillegg kan det forventes at de vet at denne prosessen heter drivhuseffekt.

I datamaterialet ble det lagt merke til at ingen elever skilte mellom naturlig drivhuseffekt og menneskeskapt forsterkning av drivhuseffekten. Det var derimot flere elever som skrev at CO<sub>2</sub> bidrar til drivhuseffekten, som er nødvendig for livet på jorden (den naturlige drivhuseffekten). Men på den andre siden var det elever som skrev at CO<sub>2</sub> bidrar til drivhuseffekten, noe som er farlig da det blir altfor varmt på jorden (den menneskeskapte økte drivhuseffekten).

Det kan stilles spørsmål om hva elevene tenker at faktisk drivhuseffekten er. I følgende tabell (Tabell 9) kommer det en rekke utsagn fra elevsvar knyttet til drivhuseffekten:

Tabell 9: Oversikt over sitater fra elevsvar som omhandler drivhuseffekt, hvor også begrepet "drivhuseffekt" blir brukt, fra oppgaver i Klimaendringer.

Elev:	Oppgave:	Sitat:
Elev 2	Oppgave 1a	«... økningen av CO <sub>2</sub> i atmosfæren forsterker drivhuseffekten som skaper en temperaturøkning.»
Elev 31	Oppgave 1a	«[CO <sub>2</sub> ] er med på å skape drivhuseffekten.»
Elev 32	Oppgave 1b	«[CO <sub>2</sub> ] lager drivhuseffekten.»
Elev 2	Oppgave 5	«... drivhuseffekten skaper en temperaturøkning på jorden.»
Elev 28	Oppgave 5	«CO <sub>2</sub> blir brukt i drivhuseffekten.»

Det kommer frem at elever mener CO<sub>2</sub> skaper drivhuseffekten, som igjen skaper temperaturøkninger på jorden.

I og med at drivhuseffekten er såpass kompleks og detaljert, skal jeg gå nærmere på ulike deler ved drivhuseffekten og se på elevers forståelse rundt blant annet stråling, absorpsjon og CO<sub>2</sub> som klimagass.

### **6.1.2 Tendenser og forståelse knyttet til absorpsjon i jordatmosfæren**

#### **Begrepet «absorpsjon»**

Begrepet «absorpsjon» er et prosessord (Mork & Erlien, 2017), og kan ofte være vanskelig å få helt tak på. Dette viser seg tydelig i datamaterialet. Selve ordet «absorpsjon» var det mange elever som unngikk å skrive, men brukte i stedet en hverdagslig oversettelse eller en beskrivelse av begrepet. For eksempel skriver Elev 7 at «CO<sub>2</sub> holder på varmen i atmosfæren», mens Elev 3 hevder at «mindre av sollyset slipper ut». Dette er ikke feil, men det er mindre korrekt og manglende bruk av naturfaglige ord. Elever bruker følgende ord for å beskrive eller erstatte begrepet «absorpsjon»: «fange», «hindre», «stoppe», «fortette», «holde på», «stå i veien», «tar imot» eller «ta inn». Et eksempel på dette er et utdrag fra Elev 8 i oppgave 5: «CO<sub>2</sub> er en klimagass som tar imot stråling fra sola».

For å få en bedre oversikt over elevers forståelse rundt begrepet absorpsjon, ble alle utsagn hvor absorpsjon ble nevnt, enten direkte eller indirekte, kodet og sortert. Videre ble disse utsagnene del opp i to; om begrepet «absorpsjon» ble brukt eller ikke. Deretter ble det sett på om begrepene ble brukt på riktig måte eller ikke, eller om det ble forklart riktig eller ikke. Resultatene etter denne kodingen og sorteringen er å se i Tabell 10.

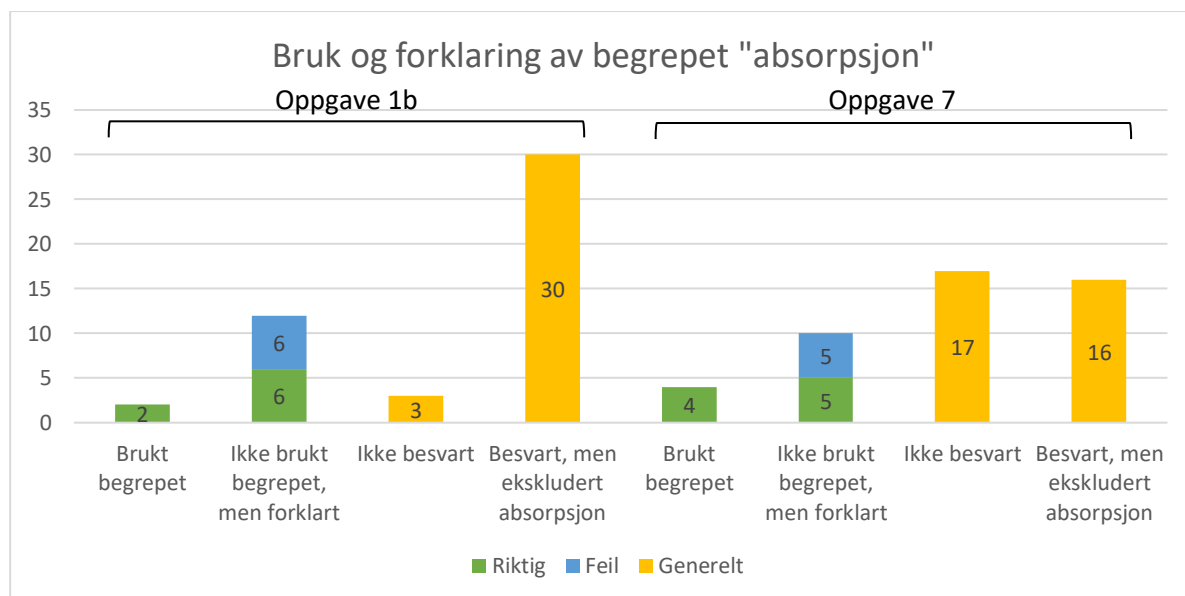


Tabell 10: Tabell med oversikt over elevenes bruk eller forklaring av begrepet «absorpsjon» i oppgave 1a, 1b, 2, 3, 4, 5 og 7 (de blå oppgavene i Tabell 4), hvor det har blitt telt opp antall elevsvar som omhandler absorpsjon. Et elevsvar inngikk ikke i flere koder.

	Kvalitet:	Antall:	Eksempel på elevsvar:
Begrepet «absorpsjon» ble brukt	Riktig bruk av begrepet	19	«Varmestrålingen fra jorda absorberes av klimagassene som gjør at litt av varmen blir igjen og ikke slipper ut av atmosfæren.» (Elev 44, oppgave 3)
	Ikke riktig bruk av begrepet eller brukt i feil kontekst	6	«Sammen med andre klimagasser absorberer CO <sub>2</sub> sollys og varmer opp jorda.» (Elev 5, oppgave 3)
Begrepet «absorpsjon» ble ikke brukt	Riktig forklaring	24	«CO <sub>2</sub> hindrer varmestråler å dra fra jorda.» (Elev 32, oppgave 3)
	Ikke riktig forklaring	31	«Denne gassen tar inn for mye sol.» (Elev 19, oppgave 3)

Etter å ha sett på denne fordelingen i Tabell 10 er det tydelig at flertallet ikke bruker selve begrepet absorpsjon. I nesten 40 % av elevsvarene som omhandler «absorpsjon» ble ikke begrepet «absorpsjon» brukt, og heller ikke forklaringen på prosessen var riktig.

For å gå mer i dybden ble bruken og forklaring av begrepet «absorpsjon» studert i oppgave 1b og 7. Oversikt over resultatet kan sees nedenfor i Figur 9:



Figur 9: Oversikt over bruken av begrepet "absorpsjon" i elevsvarene til oppgave 1b og 7 i Klimaendringer, med innsikt i om begrepet eller forklaringen av begrepet var riktig. Det har her blitt talt opp hvor mange elever som inkluderte begrepet «absorpsjon», hvor mange som inkluderte prosessen «absorpsjon» uten å bruke begrepet og hvor mange som ikke svarte på oppgaven i det heletatt. Resterende elevsvar – svar uten inkludering av absorpsjon, ble ikke inkludert i dette diagrammet (Oppgave 1b: N=47, oppgave 7: N=47)

I Figur 9 ser man ikke så veldig store endringer når det kommer til bruken og forklaringen av begrepet «absorpsjon» i de to oppgavene. En vesentlig forskjell mellom svarene til de to oppgavene er antall elever som ikke har svart på oppgaven. Det er tydelig at det er mange flere elever som ikke har svart på oppgave 7 enn 1b, hvor en av grunnene til dette kan være at eleven er fornøyd med sitt tidligere svar i oppgave 1b og derfor ikke svarte på oppgave 7.

### Hva absorberes?

Et annet aspekt ved begrepet «absorpsjon» er hva som blir absorbert. Flere elever hevder at det er sollys, stråling fra solen eller varmeenergi fra solen som blir absorbert, og ikke varmestråling fra jorden. Dette blir særlig vist i svarene til Elev 45 hvor hen skriver at «Når det blir mer CO<sub>2</sub> i atmosfæren, absorberer gassene mer av varmestrålingen fra solen», og Elev 18 som skriver at «Hvis det blir for mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren, blir varmestrålene fra sola fanget i atmosfæren». Dette tolker jeg som at eleven ser på CO<sub>2</sub>-molekylet som politi, som fanger alle solstrålene fra å «rømme» ut av atmosfæren og ut i verdensrommet. Det er kun 7 elever som skriver eksplisitt at det er stråling *fra jorda* som blir absorbert av CO<sub>2</sub> i atmosfæren. I tillegg ble det observert at ingen elever poengterte at det er langbølget varmestråling fra jorden som blir absorbert, selv om dette står eksplisitt i *Klimaendringer* i en animasjonsfilm.

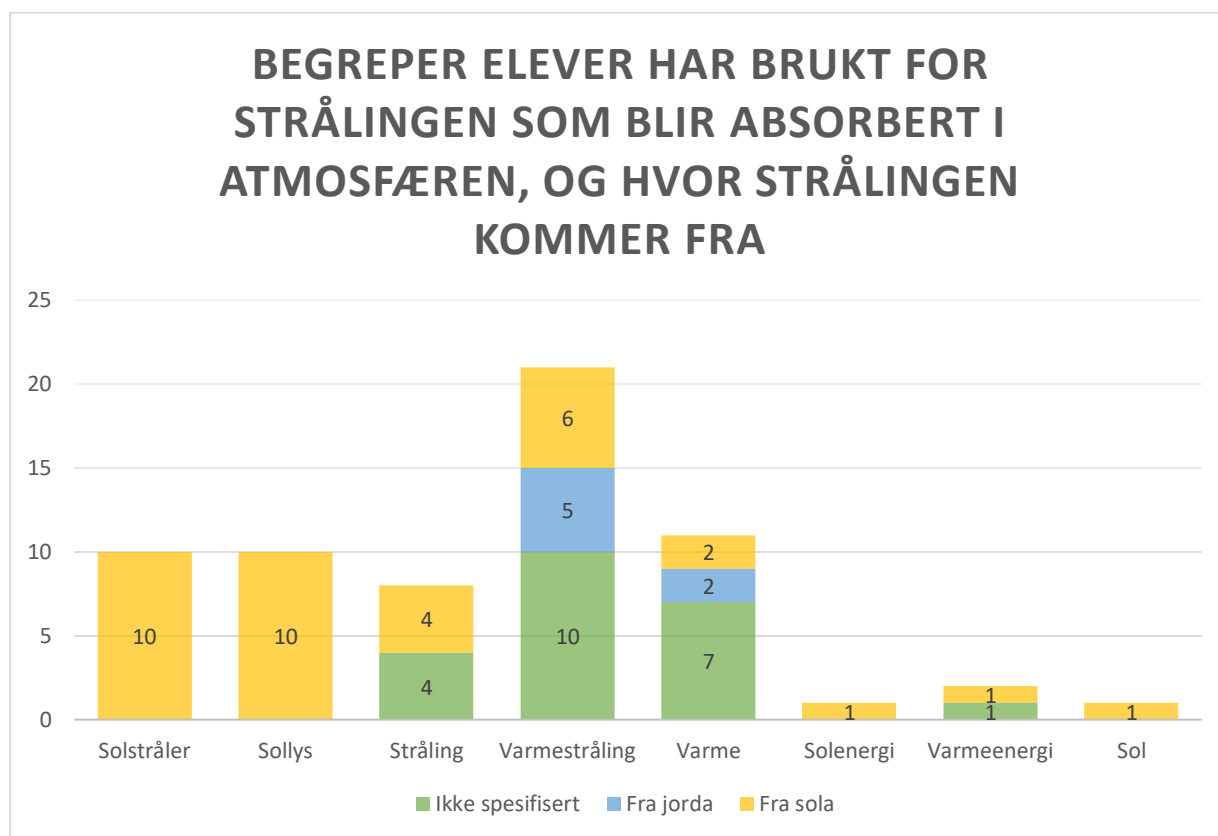
Elev 19 mener at «Det har blitt for mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren, og dette gjør at det kommer inn mye sol som gjør det varmere her på jorda». Dette tolker jeg som at eleven bruker en mental modell eller en metafor, hvor hen mener at CO<sub>2</sub> virker som en «inngangsportal» for sollys. Ut fra dette svaret kan en tenke seg at eleven forestiller seg at denne portalen er enveiskjørt, slik at sollyset ikke kommer ut igjen. Denne mentale modellen eller metaforen blir observert i flere elevsvar. Det observeres i datamaterialet at elevene ikke kan begrunne hvorfor solstråling slippes inn i atmosfæren og ikke ut igjen. Dersom dette hadde blitt gjort rede for, så hadde det vært mer presist og det ville ikke blitt oppfattet som en misoppfatning. Elev 14 skriver også noe som kan assosieres med denne inngangsportal-misoppfatningen: «Det blir mindre hull i atmosfæren for solstrålene å komme seg ut igjen, slik at de blir værende igjen på jorda». På en annen side kan dette utsagnet knyttes til misoppfatning rundt hullet i ozonlaget som ble mye snakket og skrevet om i medier da det ble funnet av forskere på 1980-tallet over Antarktis ("Ozonlaget," 2022).

### 6.1.3 Tendenser og forståelse knyttet til stråling

Resultatene viser tydelig at elevene ikke har kontroll på hvilken stråling som blir absorbert i atmosfæren. Følgende begreper eller uttrykk har elevene brukt for å forklare hvilke strålinger som blir absorbert av CO<sub>2</sub> i atmosfæren: «solstråler», «sollys», «stråling», «varmestråling», «varme», «solenergi», «varmeenergi», «sol».

Nedenfor, i Figur 10, blir det presentert et stolpediagram med oversikt over begrepene elevene har brukt for strålingen som blir absorbert eller «stoppet» i atmosfæren, hvor mange som har brukt denne betegnelsen og hvor de påstår at denne strålingen kommer fra.

Grunnlaget for dette diagrammet er elevsvarene til de blå oppgavene (Tabell 4).



Figur 10: Oversikt over begreper elevene bruker for å beskrive strålingen som blir absorbert av CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Her er det telt over antall elevsvar blant de blå oppgavene (N=64), se Tabell 4.

Det viser seg at de fleste elevene hevder at stråling *fra sola* blir absorbert i atmosfæren av CO<sub>2</sub>. Det er kun i 7 elevsvar at det blir spesifisert at strålingen kommer *fra jorda*, som er det riktige. I en video fra *Klimaendringer* står det at «Sola sender kortbølget stråling mot jorda. En del av strålingen fra sola blir reflektert ut i verdensrommet, fra skyer eller fra bakken. Og en del av strålingen varmer opp jorda» (Viten.no, u. å.-b). Deretter står det at «Varmeenergi

fra jorda blir sendt ut som langbølget stråling» (Viten.no, u. å.-b). Så kan det være at det er blitt en forveksling mellom hvilke strålinger det er snakk om. Likevel er det urovekkende mange elever som refererer til stråling fra sola som blir absorbert, «stoppet», «hindret» eller liknende i atmosfæren.

Min tolkning av disse resultatene er at mange elever har en oppfatning, mental modell og/eller metafor av følgende:

- at solstråler blir absorbert direkte fra sola før de har kommet gjennom atmosfæren
- at solstråler kommer gjennom atmosfæren, blir reflektert av jorden og dermed blir absorbert i atmosfæren
- at solstråler kommer gjennom atmosfæren, tar en liten runde eller opphold inne i atmosfæren, uten å treffe jorden, og dermed reiser ut av atmosfæren igjen hvor de blir absorbert.

Med andre ord blir det sjeldent presisert i elevsvarene at jorden absorberer solstrålingen, for så å sende ut varmestråling, som igjen blir absorbert i atmosfæren.

#### **6.1.4 Tendenser og forståelse knyttet til egenskapene til CO<sub>2</sub>**

En trend som går igjen i flere elevsvar er at CO<sub>2</sub> er ekvivalenten til varme. Elev 35 skriver følgende «Det er stor sjanse for at det er CO<sub>2</sub> som skaper varmen og mye av oppvarmingen er jo CO<sub>2</sub>». Det kan virke som at enkelte elever setter et likhetstegn mellom CO<sub>2</sub> og temperatur eller varme. Det samme gjelder svaret til Elev 22: «Når det blir mer CO<sub>2</sub> i atmosfæren, blir det varmere i atmosfæren, fordi jo mer CO<sub>2</sub> som kommer, jo mer varme blir det». På en annen side skriver Elev 30 at «CO<sub>2</sub> i seg selv påvirker ikke temperaturen, men konsekvensene av den gjør det», som viser en større forståelse for gassens egenskaper.

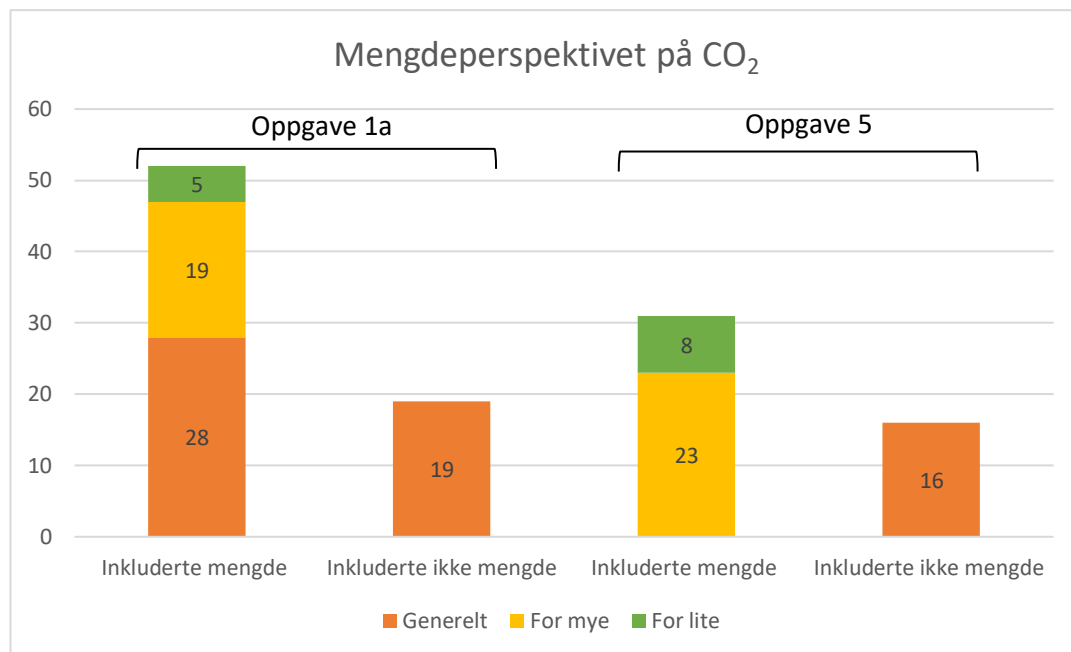
En misforståelse som er verdt å merke seg er også at en elev hevder at CO<sub>2</sub> er et grunnstoff (Elev 3, oppgave 4), noe det ikke er.

#### **Mengde CO<sub>2</sub>**

Da elevene skulle svare på spørsmål 1a, hvor de skulle vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig», var det veldig mange elever som siktet til *mengden* CO<sub>2</sub>. 28 av 47 elevsvar siktet til at det kom an på mengden CO<sub>2</sub> om det skulle være farlig, hvor 19 av disse henviste til at dersom det *var for store mengder* CO<sub>2</sub> var det farlig eller ei. Det var kun 5 elever som inkluderte at for lite CO<sub>2</sub> også kunne være farlig.

I tillegg til at elever ser på mengdeperspektivet når det er snakk om CO<sub>2</sub> er farlig eller ikke, blir det også hevdet av flere elever at det er svært mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Selv om CO<sub>2</sub> står for en svært liten andel av de atmosfæriske gassene, så påstår flere elever at det er mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren, til og med i forhold til de andre klimagassene. Elev 13 hevder blant annet i oppgave 7 at CO<sub>2</sub> er «hovedgassen», fordi det er den det er mest av i atmosfæren.

Etter koding og analysering ble det laget et søylediagram med oversikt over hvor mange elever som inkluderte mengdeperspektivet når de skulle begrunne om hvorfor/hvorfor ikke CO<sub>2</sub> er farlig. Noen elever spesifiserte mengden, med for mye eller for liten mengde, mens andre snakket kun om mengde generelt. Nedenfor vil du se diagrammet (Figur 11) hvor et elevsvar kunne inngå i både koden for «for mye» og «for lite», da dette ble inkludert i et og samme elevsvar.



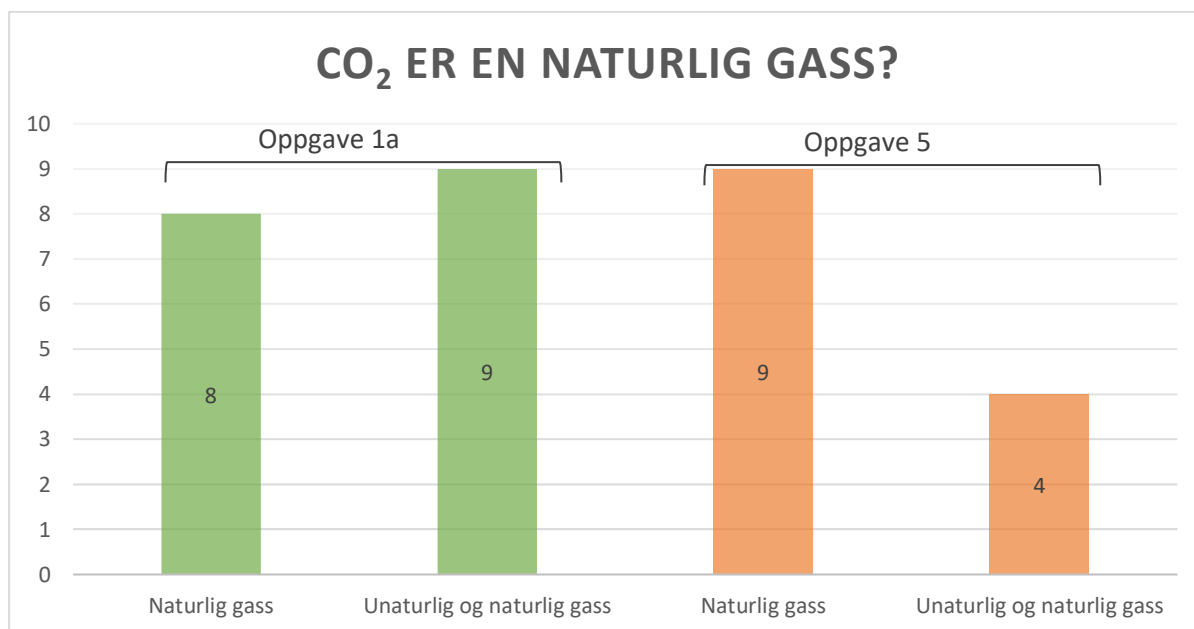
Figur 11: Oversikt over hvor mange elevsvar som inkluderte mengdeperspektivet på CO<sub>2</sub> i oppgave 1a og 5, hvor man også kan se hvor mange elever som ikke har inkludert for liten/stor mengde eksplisitt, eller ikke har inkludert det i det heletatt. Et elevsvar kan inngå i flere koder. (Oppgave 1a: N=47, oppgave 5: N=47)

Ut fra diagrammene ovenfor kan vi tydelig se at mengdeperspektivet på CO<sub>2</sub> ble oftere nevnt i oppgave 1a enn i oppgave 5. Dette kan forklares med at elevene allerede hadde skrevet om mengde i tidligere oppgave, og dermed ikke gjentok seg selv. Det er dog interessant at elevene som inkluderte mengdeperspektivet i oppgave 5 enten nevnte «for mye», «for lite» eller begge spesifikt, og ikke bare generelt. I oppgave 1a var det få elever som nevnte at «for

lite» CO<sub>2</sub> i atmosfæren kan være farlig, mens det er noen flere elever som nevnte dette i oppgave 5.

### Naturlig eller unaturlig gass?

I oppgave 1a og 5 fikk elevene beskjed om å vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig». I disse oppgavene var det flere elever som hang seg opp i begrepet «naturlig». De aller fleste elevene sa seg enig i at gassen er naturlig, men at den kan være farlig om det er i for stor mengde – både når det kom til at den er giftig å inhalere i større mengder, og når det kommer til en forsterket eller menneskeskapt drivhuseffekt. Men det var også noen elever som hang seg opp i om CO<sub>2</sub>-gassen *egentlig* er naturlig dersom det er mennesker som har skapt den ved for eksempel forbrenning av kull, olje og gass. Elev 4 skriver for eksempel: «CO<sub>2</sub> finnes naturlig på jorda, men mye av CO<sub>2</sub>'en vi har på jorda nå er menneskeskapt, og dermed unaturlig». I tillegg skriver to andre elever om den «unaturlige gassen»: «Jeg er enig i at det er naturlig gass, men man kan også kalle den unaturlig, siden mennesker kan lage den og vi vet hvordan den oppstår» (Elev 34) og «CO<sub>2</sub> er både en naturlig og en unaturlig gass» (Elev 45).



Figur 12: Oversikt over hvor mange elever som skriver at CO<sub>2</sub> er en naturlig eller unaturlig gass i oppgave 1a og 5 fra Klimaendringer. (Oppgave 1a: N=17, oppgave 1b: N=13)

I diagrammet ovenfor (Figur 12) ser vi en oversikt over hvor mange elever som sier seg enig i at CO<sub>2</sub> er en naturlig gass, og hvor mange som hevder at noe av gassen er naturlig, mens noe

er unaturlig. Elevene begrunner sine uttalelser om at CO<sub>2</sub> kan være unaturlig fordi det er menneskeskapt, ved for eksempel forbrenning av kull, olje og gass.

Resultatene i Figur 12 viser tydelig at flere elever gikk bort fra å omtale CO<sub>2</sub> som en unaturlig gass i oppgave 5. Årsaken til dette kan være at elevene ble mer fokuserte på andre aspekter ved oppgaven enn akkurat å diskutere om gassen er naturlig eller ikke.

### 6.1.5 Tendenser og forståelse om beskrivelser av CO<sub>2</sub>

Før oppgave 4 (Tabell 4) ble elevene bedt om å flytte ord eller setninger til blå eller grønn boks, avhengig av om ordet eller setningen beskrev eller ikke beskrev CO<sub>2</sub>. Følgende aktivitet vises i Figur 13 nedenfor:

finnes i atmosfæren	klimagass
giftig selv i små mengder	gass som plantene bruker i fotosyntesen
blir frigjort ved forbrenning av olje, kull og gass	har det kjemiske navnet karbonmonoksid
finnes ikke naturlig i lufta	har det kjemiske navnet karbondioksid
gass som mennesker puster ut	var ikke i atmosfæren før den industrielle revolusjon
bidrar til drivhuseffekten	

Beskriver ikke CO<sub>2</sub>

Beskriver CO<sub>2</sub>

Sjekk

#### Oppgave 4

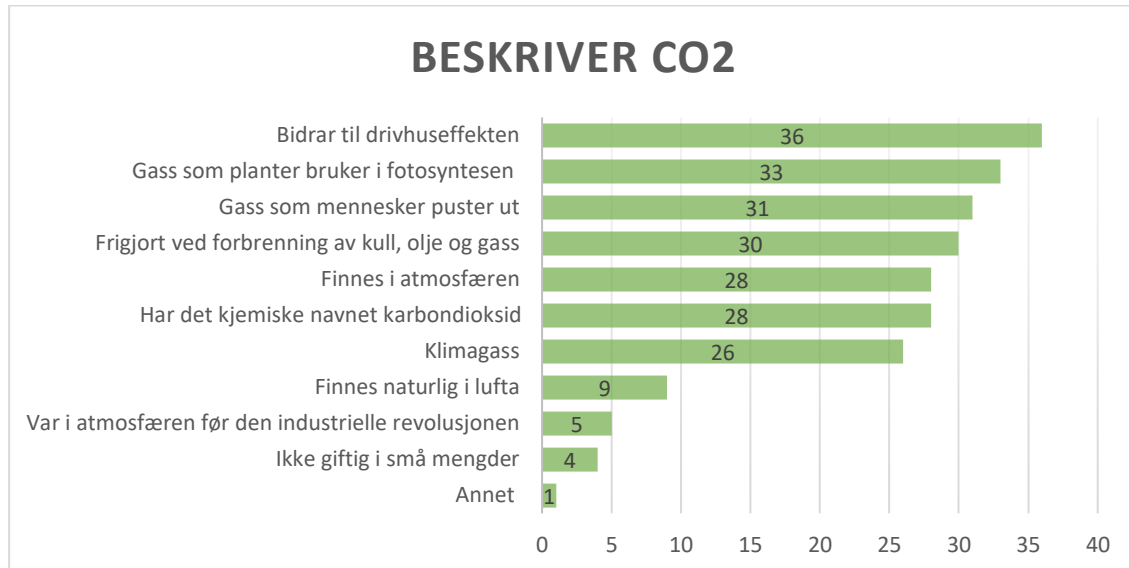
Beskriv CO<sub>2</sub> ved å bruke ordene/setningene du flyttet til den grønne boksen ovenfor.

*Du må være innlogget som elev for å skrive inn/lagre svar.*

Figur 13: Skjermdump fra viten.no av aktiviteten før oppgave 4, samt oppgave 4 i Klimaendringer.

Deretter ble elevene bedt om å svare på oppgave 4 (Tabell 4) hvor oppgaveteksten var som følger: «Beskriv CO<sub>2</sub> ved å bruke ordene/setningene du flyttet til den grønne boksen ovenfor.» For å få en oversikt over hva elevene faktisk svarte på denne oppgaven, ble alle ordene/setningene fra aktiviteten før (Figur 13) kodet i elevsvarene, uavhengig om de beskrev

eller ikke beskrev CO<sub>2</sub>. I tillegg ble utsagn som ikke var knyttet til ordene/setningene i boksen ovenfor kodet som «annet». For å få et inntrykk av hva elevene hadde tatt med i sin besvarelse i oppgave 4, vises en oversikt over resultatene etter kodingen nedenfor:



Figur 14: Oversikt over hva elevene har skrevet i oppgave 4 hvor de blir bedt om å beskrive CO<sub>2</sub>. Her er det telt hva hver elev har svart, hvor et elevsvar kan få flere koder, men ikke flere av samme kode. (N=38)

Ut fra resultatene i Figur 14 kan en se at elevene har tatt med de aller fleste ordene/setningene fra den tidligere aktiviteten (se Figur 13) da de skulle beskrive CO<sub>2</sub>. Men det som gikk oftest igjen var at CO<sub>2</sub> bidrar til drivhuseffekten, noe som kanskje også er det viktigste i denne sammenhengen.

Utsagnet som ble kategorisert som «annet» var fra Elev 18, som skrev: «Man skal ikke forveksle karbondioksid med karbonmonoksid, da karbonmonoksid er giftig, og karbondioksid ikke er det i små mengder». Utsagnet til Elev 18 er helt riktig, men det var ingenting i *Klimaendringer* som tilsa at eleven skulle lære dette i programmet, ei heller ta det med i svaret sitt.

Det skal presiseres at oppgaveteksten ba elevene om å «bruke ordene/setningen du flyttet til den grønne boksen», hvor setningene «var ikke i atmosfæren før den industrielle revolusjonen», «giftig selv i små mengder» og «finnes ikke naturlig i lufta» ikke beskriver CO<sub>2</sub> og dermed ikke ble flyttet over i den grønne boksen trolig av de fleste. Dette kan være hovedårsaken til at elevene ikke inkluderte motsetningene til disse setningene i svaret sitt.



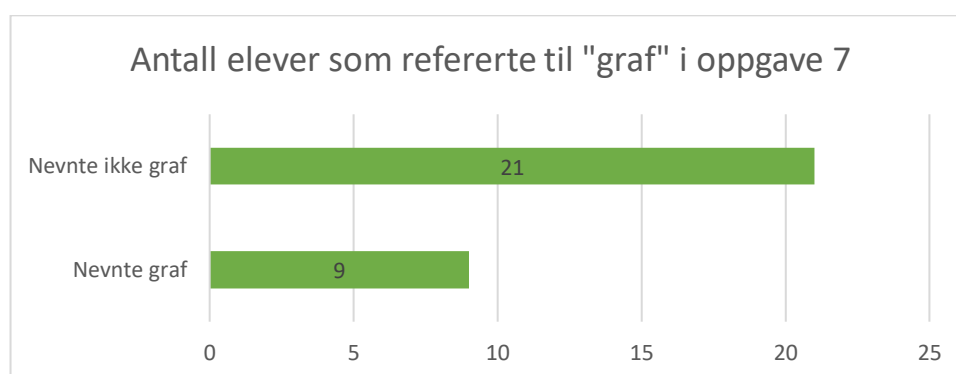
### 6.1.6 Tendenser og forståelse knyttet til havnivå

Blant oppgavene jeg tok utgangspunkt i fra *Klimaendringer*, viser det seg at ingen elever har nevnt «termisk utvidelse» eller beskrevet termisk utvidelse som en av årsakene til stigende havnivå. Den eneste årsaken som er blitt nevnt er smelting av is og snø. Det ble eksplisitt nevnt i *Klimaendringer* at is som allerede er i vann ikke vil påvirke havnivået. Likevel skriver elever at dersom polene smelter, vil havnivået stige. Dette er for så vidt sant dersom man ser på isen på Sørpolen som ligger på land, og når isen forsvinner generelt vil det bli lavere albedo som fører til mindre refleksjon, men mer absorpsjon, som igjen fører til mer varme.

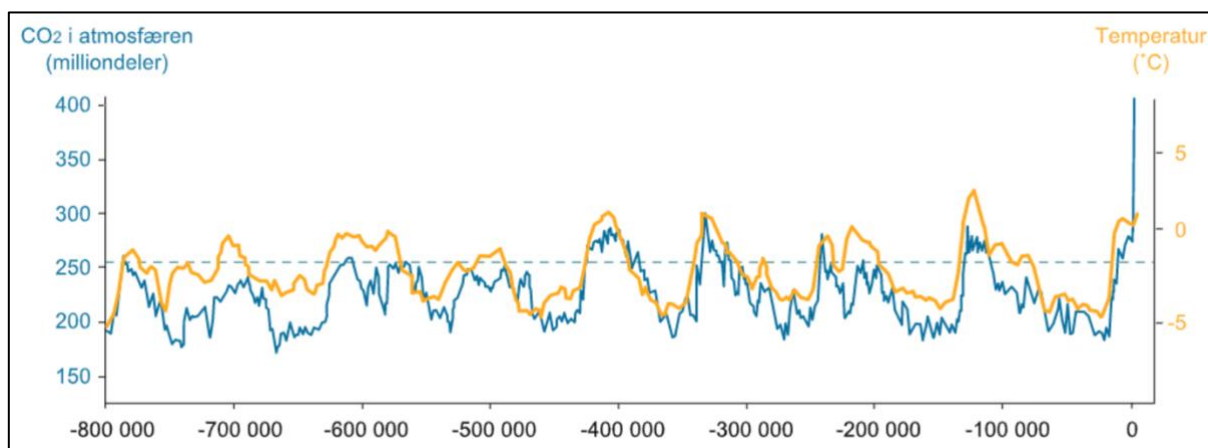
### 6.1.7 Tendenser og forståelse knyttet til bruk av graf

I oppgave 7 ble elevene bedt om å vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> har ikke noe med temperatur å gjøre» på nytt. I forkant av oppgaven fikk elevene presentert grafer, hvor en av dem er vist i Figur 16. Figur 16 viser en graf med sammenhengen mellom temperatur og CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Elevene ble oppfordret til å ta i bruk informasjon fra grafen(e) til å begrunne et nytt og forbedret svar til oppgave 7. Derfor kan en forvente at mange elever hadde referert til en av grafene i sin besvarelse i oppgave 7.

Resultatene (se Figur 15) viser at kun 9 elever blant 30 besvarelser nevnte grafen(e), hvor de brukte denne/disse som bevis på at CO<sub>2</sub> hadde noe med temperatur å gjøre. Dette tilsier at omtrent 20 prosent av elevene som besvarte oppgaven viser til grafen(e).



Figur 15: Oversikt over hvor mange elever som refererte til "graf" i sitt svar til oppgave 7 i *Klimaendringer*. Det var kun 30 elever som svarte på oppgaven. Her har det blitt telt antall elevsvar som inkluderte "graf" eller tydelig refererte til grafen(e). (N=30)



Figur 16: Skjermdump av en av grafene som ble presentert i Klimaendringer på viten.no. (Kilde: National Oceanic and Atmospheric Administration).

### 6.1.8 Tendenser og forståelse knyttet til tiltak for, og tro på, en bedre fremtid

For å se på elevers tro og håp om en bedre og mer bærekraftig fremtid, som er med på å bygge på forståelsen om drivhuseffekten, ble data fra oppgave 6 og 20 (se Tabell 4) analysert. I oppgave 6 blir elevene bedt om å beskrive hvordan de tror gjennomsnittstemperaturen på jorden vil være de neste hundre årene, hvor de skal begrunne svaret sitt med informasjon fra grafene (deriblant Figur 16). Og i oppgave 20 blir elevene bedt om å foreslå tre tiltak for å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene. Denne oppgaven er i starten av Del 3: «Hva må vi gjøre?», og er derfor en oppgave som skal kartlegge forkunnskapene til elevene om tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp.

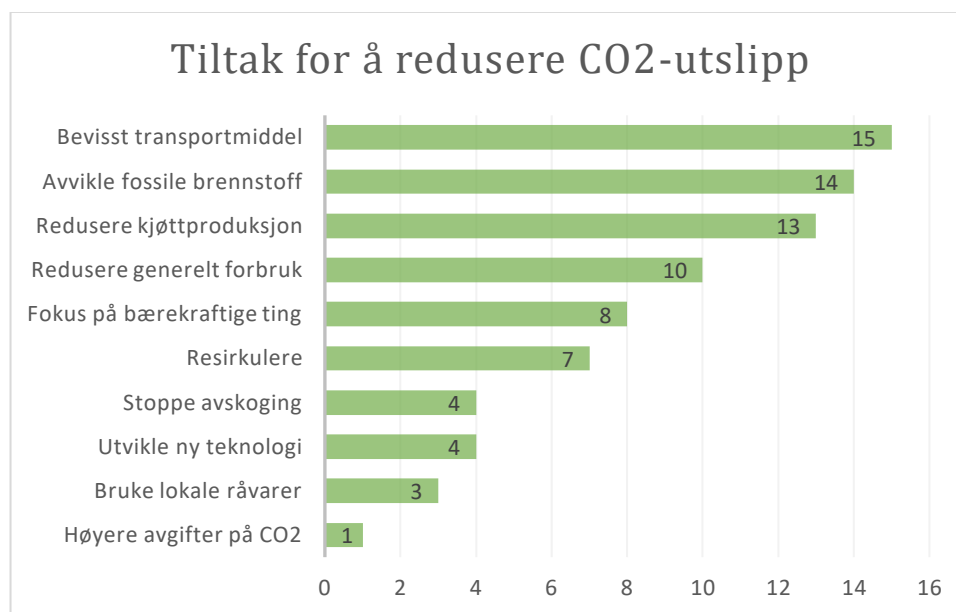
De fleste elevene refererer til grafen (Figur 16) da de svarer på oppgave 6 og skriver at de tror temperaturen kommer til å stige, da også CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren har økt. Et eksempel på et slik svar kommer fra Elev 3: «Jeg tror gjennomsnittstemperaturen på jorda de neste hundre årene vil øke. Begrunnelse: CO<sub>2</sub>-mengden stiger og derfor blir drivhuseffekten sterkere, og derfor vil temperaturen øke».

Det er også flere elever som skriver at de har troen på en bedre fremtid. Disse elevene legger frem ulike muligheter vi mennesker har for å overleve på jorden. Blant annet blir teknologien trukket frem, hvor elever viser til en tiltro på teknologi og vitenskap, og at dette skal bidra til at menneskeheten overlever på en fremtidig klode, eller at vi svekker/stopper den globale oppvarmingen. Elev 24 skriver følgende: «Jeg tror gjennomsnittstemperaturen de neste hundre årene vil øke, men bli mer stabil etter noen år. Begrunnelse: Ny teknologi og at

samfunnet samarbeider for et mer bærekraftig samfunn.» En annen elev som skriver om teknologi, er Elev 32. Denne eleven skriver ikke at teknologi kan være med på å stoppe CO<sub>2</sub>-utslippene, men heller hjelpe oss med å leve med de store utslippene: «... noen i fremtiden kommer til å kunne omdanne CO<sub>2</sub> til O<sub>2</sub> ved bruk av en maskin».

Da elevene skulle foreslå tiltak for å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene, var det kun tre elever som tenkte at utvikling av ny teknologi kunne være med på å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene. Det var derimot mange elever som foreslo at man kan redusere generelt forbruk og avvikle fossile brennstoff.

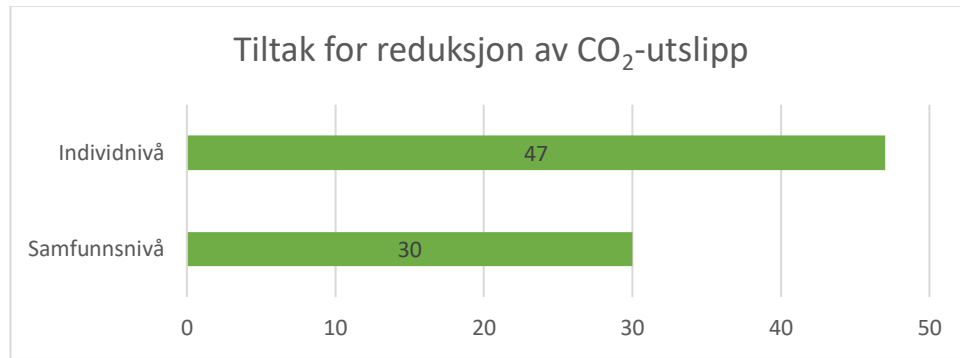
Elevenes forslag til tiltak for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp, og hvor mange som har nevnt følgende tiltak, kan du se i Figur 17.



Figur 17: Oversikt over elevers tiltak til reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp. Fra oppgave 20 i Klimaendringer. Her er det telt hva hver elev har svart, hvor et elevsvar kan få flere koder, men ikke flere av samme kode. (N=23)

Det er tydelig å se i Figur 17 at flere elever foreslår at vi avvikler fossile brennstoff, reduserer kjøttproduksjonen og blir mer bevisste over hvilke transportmidler man bruker.

Dersom man reorganiserer disse resultatene (vist i Figur 17) og se på hvilket nivå tiltakene som elevene har foreslått er på, altså om tiltakene skal bli gjort på individnivå eller samfunnsnivå, får vi følgende resultater (Figur 18).



Figur 18: Elevers tiltak til reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp sortert i nivå; samfunnsnivå og individnivå. Knyttet til oppgave 20 i Klimaendringer. (N=23)

Figur 18 viser at elevene har nevnt vesentlig mange flere tiltak som går på enkeltindividets valg og handlinger. Likevel er det også veldig mange tiltak som går på samfunnet, myndigheter og staten som helhet.

### 6.1.9 Oppsummering av resultater fra elevgruppens tendenser og forståelse

Problemstillingen til denne masteroppgaven er «Hvordan er ungdomsskoleelevers forståelse av sentrale begreper og prosesser knyttet til drivhuseffekten i kontekst av Viten-programmet *Klimaendringer?*» og det første forskningsspørsmålet er følgende: «Hvilke forståelser av og begreper om drivhuseffekten kommer til uttrykk gjennom elevers skriftlige svar i Viten-programmet *Klimaendringer?*».

For å komme et skritt nærmere et svar på problemstillingen og det første forskningsspørsmålene vil jeg oppsummere sentrale resultater fra elevers trender og forståelse av drivhuseffekten.

Ut fra denne delen av resultater viser det seg at få elever viser god forståelse rundt begrepet og prosessen «absorpsjon» i jordatmosfæren. Resultatene viser at elevene har en forståelse av at stråling kommer inn gjennom atmosfæren, og at det er hindringer for at stråling skal komme ut av atmosfæren igjen. Det er derimot mindre forståelse når det kommer til hvorfor stråling ikke kommer ut av atmosfæren, hvilken stråling dette er og hvor den kommer fra. Få elever skriver eksplisitt at strålingen som blir absorbert i jordatmosfæren kommer fra jorden som varmestråling. I tillegg blir begrepet absorpsjon lite brukt, men heller erstattet eller beskrevet i form av hverdagslige ord: «fange», «hindre», «stoppe», «fortette», «holde på», «stå i veien», «tar imot» eller «ta inn».

Når det kommer til selve CO<sub>2</sub>-gassen i atmosfæren er det stor uenighet blant elevgruppen om gassen er naturlig og/eller unaturlig. Det viser seg at flere elever refererer til mengden eller opphavet til gassen, når de hevder at den er unaturlig.

Elevene ble også bedt om å nevne tre tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp, hvor under 40% prosent av tiltakene er rettet mot samfunnsnivå, mens resten er rettet mot individnivå. Tiltakene som ble nevnt av flest elever var bevisst bruk av transportmiddel, redusere kjøttproduksjon og avvikling av fossile brennstoff.

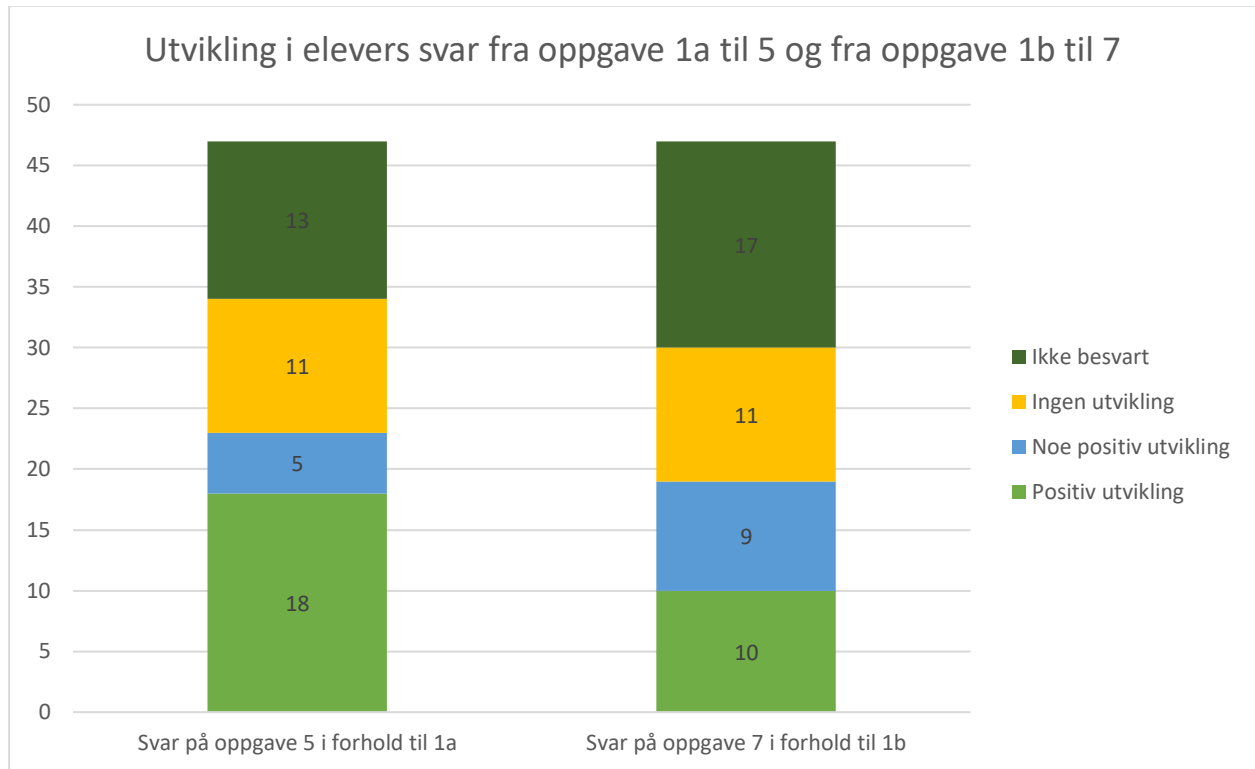
## 6.2 Enkeltelevers utvikling

I følgende delkapittel vil det bli presentert resultater knyttet til enkeltelevers utvikling. Det har da blitt sett på enkeltelevers svar og deres utvikling fra oppgave 1a til oppgave 5, og fra oppgave 1b til oppgave 7. Som tidligere nevnt er oppgave 1a og 5 den samme oppgaven, men i oppgave 5 blir elevene bedt om å forbedre svaret sitt etter at de har gjennomgått en del av programmet. Det samme gjelder for oppgave 1b og 7.

Det er viktig å poengtere at oppgave 1a og 1b er oppgaver for å aktivere forkunnskaper hos elevene, mens oppgave 5 og 7 er en mulighet for at elevene skal vise om og hva de har lært gjennom oppgaver, aktiviteter og informasjon gjennom *Klimaendringer*.

Med positiv utvikling menes det at eleven har tatt i bruk flere fagbegreper, flere aspekter ved svaret og bedre og mer korrekte forklaringer. Resultatene viser at hele 18 elever (av alle 47 elevene) hadde utelukkende positiv utvikling fra oppgave 1a til 5, mens 10 elever hadde en utelukkende positiv utvikling fra oppgave 1b til 7. Nedenfor, i Figur 19, kan man få en oversikt over elevenes utvikling mellom oppgaveparene. For å gi en tydeligere forklaring på hvordan dette diagrammet ble satt opp, ble først oppgave 1a satt som utgangspunkt, og deretter sammenliknet med oppgave 5. Deretter fikk hvert svar oppgitt i oppgave 5 hver sin kode tilknyttet hver enkelt elev. Disse var: ikke besvart, ingen/negativ utvikling, noe positiv utvikling eller positiv utvikling.

Utvalget av enkeltelevene i denne resultatdelen er valgt ut fra gruppen elever med positiv utvikling i ett eller begge svarene fra oppgave 5 og/eller oppgave 7. Jeg har utelukkende tatt med enkeltelevenes svar som har positiv utvikling når jeg ser på enkeltelevers svar.



Figur 19: Oversikt over elevers utvikling i sine svar mellom oppgave 1a og 5 og mellom 1b og 7 i Klimaendringer. Alle elevsvarene er tatt med i beregningen ( $N=47$ ), dersom eleven ikke besvarte oppgaven, ble det markert som "ikke besvart". Dersom en elev ikke har besvart første oppgave, men andre, vil denne eleven få uttelling på utvikling. Et svar kan være bedre enn ingen, med mindre alt er feil. En elev går kun under én kategori i hver søyle i diagrammet.

Ifølge resultatene i Figur 19 kan man se at flere elever gjorde det bedre på oppgave 5 enn 7 i forhold til sine tidligere svar på 1a og 1b.

Det er altså flere elever som har hatt en positiv utvikling gjennom *Klimaendringer*. Jeg har valgt å presentere svarene på påstandsvurdering til tre elever i Tabell 11, som eksempel på svar med positiv utvikling fra oppgave 1a til 5 eller 1b til 7.

Tabell 11: Elev 14, 17 og 44 sine svar til oppgave 1b og oppgave 7 fra Klimaendringer.

Elev:	Oppgave:	Elevers svar:
Elev 14	Oppgave 1a	«Det er riktig nok en naturlig gass og i utgangspunktet ikke farlig, men så fort det blir for mye eller for lite CO <sub>2</sub> begynner det å bli farlig.»
	Oppgave 5	«Det er i utgangspunktet en ufarlig gass og også en naturlig gass, men om det blir for mye CO <sub>2</sub> i atmosfæren vil det føre til at solstrålene som ikke slipper ut av atmosfæren kommer tilbake ned på jorda og varmer opp planeten vår slik at det vil bli ørken og tørke flere plasser i verden. Men om det blir for lite CO <sub>2</sub> i atmosfæren vil det føre til en ny istid. Da slipper alle solstrålene ut av atmosfæren og dermed blir det ingen varme igjen på jorda.»
Elev 17	Oppgave 1a	«CO <sub>2</sub> er ikke en farlig gass hvis vi har den i kontrollerbare mengder. Men hvis det blir for mye CO <sub>2</sub> kan det være farlig. For mye CO <sub>2</sub> hjelper til global oppvarming.»
	Oppgave 5	«CO <sub>2</sub> er ikke farlig hvis vi har den i kontrollerbare mengder. Men slik vi slipper ut CO <sub>2</sub> i atmosfæren nå er gassen veldig farlig. For mye CO <sub>2</sub> gjør slik at sollyset ikke går like fort ut, det betyr at jorda fort blir varmere...»
Elev 44	Oppgave 1b	«CO <sub>2</sub> gjør drivhuseffekten sterkere som gjør at mindre varme slipper ut gjennom atmosfæren. Det gjør at gjennomsnittstemperaturen blir varmere ...»
	Oppgave 7	«... CO <sub>2</sub> er en av klimagassene som gjør at all varmen fra jorda ikke slipper ut gjennom atmosfæren og gjennomsnittstemperaturen stiger. Klimagassene absorberer litt av varmen så det blir igjen på jorda.»

Videre i følgende delkapitler vil det bli presentert ulike aspekter ved utviklingen til elevene, samt tilhørende sitater fra svarene deres. Aspektene som blir presentert er drivhuseffekten, absorpsjon og ozonlaget.

### 6.2.1 Utvikling knyttet til drivhuseffekten

Oppgave 1a er den første oppgaven elevene får, og påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig» kan være forvirrende å ta stilling til. Det er flere elever som har fokusert på om CO<sub>2</sub>-gassen er farlig å inhalere, og ikke om den er farlig for klimaet. Dette kommer tydelig frem i svaret til Elev 24 i oppgave 1a (se Tabell 12). Eleven viser en utvikling gjennom *Klimaendringer* da hen forbedrer svaret sitt i oppgave 5, hvor eleven legger til at CO<sub>2</sub> også kan være farlig for klimaet på jorden da den bidrar til drivhuseffekten. Med dette svaret har eleven tatt med enda et aspekter i svaret sitt. Det er dog rom for mer utvikling i svaret til Elev 24, da det blant annet ikke er poengtert at drivhuseffekten er høyst nødvendig for livet som er på jorden i dag.

Tabell 12: Elev 24 og Elev 7 sine svar til oppgave 1a og oppgave 5 fra Klimaendringer.

Elev:	Oppgave:	Eksempel på enkeltelevers utvikling i svarene:
Elev 24	Oppgave 1a	«CO <sub>2</sub> kan være farlig hvis man puster inn i store mengder.»
	Oppgave 5	«CO <sub>2</sub> kan være farlig hvis man inhalerer for mye. CO <sub>2</sub> er også farlig fordi den bidrar til drivhuseffekten som gjør jorda enda varmere.»
Elev 7	Oppgave 1a	«Problemet er når det blir for mye. Uten mennesker hadde ikke CO <sub>2</sub> vært noe farlig.»
	Oppgave 5	«Gassen i seg selv er jo ikke farlig. Den brukes hele tiden i fotosyntesen og drivhuseffekten, som gjør jorda varm nok for mennesker å leve her. Som sagt så er problemet når det blir for mye. Da kan CO <sub>2</sub> -en bidra til at jorda blir varmere.»

I Tabell 12 kan man se at elev 7 legger fokuset først på mengden CO<sub>2</sub>, hvor hen skriver i oppgave 1a at mennesker har skylden i at det har blitt for mye CO<sub>2</sub>. I oppgave 5 skriver Elev 7 et forbedret svar med mye utvikling fra oppgave 1a, hvor hen trekker frem flere aspekter som er viktig for å få et godt svar på oppgaven. Aspektene eleven trekker frem er at gassen i seg selv ikke er farlig, den brukes i fotosyntesen og drivhuseffekten, gassen er nødvendig for at vi skal ha en varm nok jord til å leve her og at økende mengde CO<sub>2</sub> kan bidra til at jorden blir for varm.

## 6.2.2 Utvikling knyttet til rollen til CO<sub>2</sub> og absorpsjon i jordatmosfæren

Ved å se på oppgaveparet 1a og 5, hvor elevene ble bedt om å vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig», begrunnet Elev 14 og 17 i oppgave 1b at det kom an på mengden CO<sub>2</sub> om det var en farlig gass eller ikke. Men da disse elevene fikk muligheten til å vurdere påstanden igjen i oppgave 5, beskrev elevene mer utfyllende om hvorfor det er farlig med for mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Elevene forklarte at for mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren fører til at solstråler/sollys ikke ville komme like lett ut av atmosfæren som ville føre til økt temperatur på jorden (se Tabell 11).

Disse elevene viste en økt forståelse når det kommer til konsekvenser av økt CO<sub>2</sub>-konsentrasjon og hadde en positiv utvikling i svarene sine. Selv om de ikke brukte begrepet «absorpsjon», ga svarene deres derimot indikasjon på at de hadde forstått at det er noe som skjer i atmosfæren dersom det blir for mye CO<sub>2</sub>. Elevene har dog potensialet for en enda bedre besvarelse når det kommer til hvilke strålinger som blir absorbert av CO<sub>2</sub>-gassen og hvor denne strålingen kommer fra.



Påstanden fra oppgave 1b og 7, «CO<sub>2</sub> har ikke noe med temperatur å gjøre», omhandler *absorpsjon* i stor grad, men det er ikke alle elevene som hadde forståelse rundt dette i starten av programmet, som kommer frem i oppgave 1b. Blant noen elever går en oppfatning av at CO<sub>2</sub> på en eller annen måte *skaper* varme. Denne misoppfatningen har elev 30 rettet opp i når hen kommer til oppgave 7 og skriver følgende; «Gassen CO<sub>2</sub> i seg selv påvirker ikke temperatur, men konsekvensene av den gjør det». Dette er en bra utvikling hos eleven, da hen har poengtert at CO<sub>2</sub> i seg selv ikke *skaper* varme, men konsekvensene av dens egenskaper er med på å føre til varme på jorden.

Få elever brukt begrepet *absorpsjon* i oppgave 1b, men flere brukte begrepet i oppgave 7, som vi så i resultatene i Tabell 10. Dette kan vi se hos svarene til Elev 44 i Tabell 11, hvor hen først har skrevet en forklaring uten å bruke begrepet *absorpsjon* og heller ikke en veldig god forklaring på prosessen, for så å bruke begrepet *absorpsjon* i oppgave 7. Det er fremdeles mer som kan utvikles i Elev 44 sitt svar til denne påstanden, men det er tydelig at eleven har fått en viss forståelse rund *absorpsjon*, og viser i oppgave 7 at hen kan bruke dette begrepet i riktig kontekst.

Det skal dog sies at det er like mange elever som brukte begrepet *absorpsjon* eller prøvde å forklare prosessen i oppgave 1b som i oppgave 7 (se Figur 9). Dette er egentlig et overraskende resultat, da det er forventet at flere forklarer eller bruker begrepet *absorpsjon* lengre ut i programmet. På en annen side kan det være fordi de ble bedt om å bruke grafer til å begrunne svaret sitt i oppgave 7, og ble derfor mer opptatt av det. Det kan også hende at elevene allerede har skrevet mye knyttet til absorpsjon i tidligere oppgaver og viste sin kompetanse der.

### 6.2.3 Utvikling knyttet til ozonlaget

Blant alle svarene til elevene som arbeidet med programmet i 2021 ble begrepet «ozonlaget» (og «osonlaget») nevnt 324 ganger. (Ø. Sørborg, personlig kommunikasjon, 25. januar 2022). Dette er urovekkende da dette først og fremst viser en forveksling og misforståelse mellom to ulike miljøproblemer relatert til gasser i atmosfæren.

I *Klimaendringer* ble ikke «ozonlaget» nevnt én eneste gang, likevel var det tre elever som brukte begrepet i ett eller flere av sine svar. Det ble nevnt totalt 7 ganger i datamateriale. Blant annet ble det skrevet av to av elevene at CO<sub>2</sub> er med på å ødelegge ozonlaget, som er et

beskyttende lag rundt jorden. Den siste eleven som nevnte ozonlaget skrev at dersom det ble for mye CO<sub>2</sub>, vil det ikke slippe ut av ozonlaget – og dermed gjøre jorden varmere.

Elev 28 skriver tydelig i oppgave 1a og 1b at CO<sub>2</sub> er en farlig gass og at den har noe med temperatur å gjøre fordi det er en gass som ødelegger ozonlaget og lager hull i ozonlaget. Da eleven blir bedt om å forbedre svarene sine skriver hen i oppgave 5 at CO<sub>2</sub> heller blir brukt i drivhuseffekten og i fotosyntesen. Men når det kommer til oppgave 7 skriver Elev 28 følgende: «Jeg mener at CO<sub>2</sub> ikke har så veldig mye med hullet i ozonlaget å gjøre, det er både mennesker og gasser som har vært med på å skape hullet i ozonlaget.» Dette svaret er riktig, da vi mennesker bidrar til å ødelegge ozonlaget, men problemet med dette svaret er at eleven går vekk fra poenget, som er å diskutere drivhuseffekten, ikke ozonlaget.

En annen elev, Elev 29, som også nevner ozonlaget, går en annen retning når det kommer til utviklingen i svarene sine. Elevens svar på oppgave 1a og 5 blir vist i Tabell 13.

Tabell 13: Elev 29 sine svar til oppgave 1a og oppgave 5 i Klimaendringer.

Elev:	Oppgave:	Svar:
Elev 29	Oppgave 1a	«CO <sub>2</sub> bryter ned/ødelegger ozonlaget som ligger rundt jorden. Ozonlaget er et slags beskyttende lag, så det er meget viktig å holde det.»
	Oppgave 5	«Jeg er uenig i mitt eget svar. Jeg har lært at ozonlaget har ingenting med drivhuseffekten å gjøre. Det er klimagassene vi mennesker slipper ut som hindrer at varmestralingen fra sola slipper ut. Dermed blir det varmere her på jorda.»

Dette svaret (Tabell 13) viser til en veldig positiv utvikling. Eleven poengterer at hen tok feil tidligere i oppgave 1a, og retter opp med å begrunne at CO<sub>2</sub> kan være farlig fordi det bidrar til drivhuseffekten og dermed temperaturøkning på jorden. Det blir dog ikke presisert at drivhuseffekten er nødvendig for livet på jorda.

## 6.2.4 Oppsummering av resultater fra enkeltelevers utvikling

Før jeg oppsummerer sentrale resultater fra enkeltelevers utvikling gjennom *Klimaendringer*, vil jeg gjenta min problemstilling som er «Hvordan er ungdomsskoleelevers forståelse av sentrale begreper og prosesser knyttet til drivhuseffekten i kontekst av Viten-programmet *Klimaendringer?*» og forskningsspørsmål nummer to som er «På hvilke områder viser enkeltelever utvikling i forståelsen av og begreper om drivhuseffekten fra oppgavesvar i starten til oppgavesvar lengre ut i Viten-programmet *Klimaendringer?*»

Resultatene fra enkeltelevers utvikling viser at hele 18 elever hadde positiv utvikling i svaret på oppgave 5 sammenliknet med oppgave 1a, og at 10 elever hadde positiv utvikling i svaret på oppgave 7 sammenliknet med oppgave 1b.

Flere elever viser positiv utvikling i bruk av eller forklaringen rundt prosessen *absorpsjon* i jordatmosfæren, selv om det likevel er mye som gjenstår for å ha en god besvarelse for flere elever. I oppgave 1a og 1b ble mye av fokuset rundt CO<sub>2</sub> i atmosfæren rettet mot mengden eller inhalering av gassen. Dette fikk mindre fokus i oppgave 5 og 7, hvor elevene heller rettet fokuset på hvorfor for mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren var farlig for klimaet på jorden, samt hvorfor det var en sammenheng mellom CO<sub>2</sub>-gassen og temperatur. Det er også tydelig at elevene tar i bruk flere fagbegreper i de senere oppgavene enn det de gjorde i de to første.

Tre elever nevnte *ozonlaget* i sine besvarelser, noe som ikke er blitt nevnt i *Klimaendringer* til Viten. De hevder at ozonlaget blir ødelagt av de store mengdene CO<sub>2</sub> mennesker slipper ut. Det viser seg at spesielt Elev 29 lærte at ozonlaget ikke hadde noe med drivhuseffekten å gjøre, men heller forklarte drivhuseffekten med varmestralinger som blir absorbert. Dette tydet på at i alle fall denne eleven hadde lært mye i løpet av de fem første oppgavene i *Klimaendringer*.

## 7 Diskusjon

I følgende kapittel skal jeg diskutere resultater (kapittel 6) i lys av teori (kapittel 2) og tidligere forskning (kapittel 3), herunder problemstillingen: «Hvordan er ungdomsskoleelevers forståelse av sentrale begreper og prosesser knyttet til drivhuseffekten i kontekst av Viten-programmet *Klimaendringer?*»

Og de to forskningsspørsmålene er:

1. Hvilke forståelser av og begreper om drivhuseffekten kommer til uttrykk gjennom elevers skriftlige svar i Viten-programmet *Klimaendringer?*
2. På hvilke områder viser enkeltelever utvikling i forståelsen av og begreper om drivhuseffekten fra oppgavesvar i starten til oppgavesvar lengre ut i Viten-programmet *Klimaendringer?*

I Teori-kapittelet ble det presentert ulike grunner til å lære og å bruke det naturfaglige språket. Først og fremst er klimaproblemene blant de største vi står overfor i dag, og dette må både læres om og kommuniseres videre for å finne gode løsninger til et mer bærekraftig samfunn (Sinnes, 2015, s. 42-43). Både i Brundtland-kommisjonen, FNs bærekraftsmål og det tverrfaglige temaet «bærekraftig utvikling» i fagfornyelsen står det svart på hvitt at elever skal lære om hvordan ta vare på mennesker og naturen i dag, men samtidig ta hensyn til fremtidige generasjoner (Brundtland & Dahl, 1987, s. 42; FN-sambandet, 2021b; Kunnskapsdepartementet, 2020a). Dette samsvarer også med en del av læringsmålene til *Klimaendringer* til Viten, hvor det blant annet står at elevene skal «gjøre rede for faktorer som kan være årsak til klimaendringer» og «gi eksempler på hvordan vi kan redusere CO2-utslipp ved å skifte fra fossile til fornybare energikilder og redusere forbruk» (Viten.no, u. å.-d).

Siden elevene skal lære om klima, drivhuseffekten og bærekraftig utvikling, er det også viktig at de kan kommunisere dette. Men for å kunne kommunisere og forstå temaene, er det viktig at elevene har en naturvitenskapelig begrepsforståelse. Som Mossige (2017, s. 24) og Sjøberg (2014, s. 68) hevdet, må elevene lære det naturvitenskapelige språket før de kan lære naturfag. Det naturvitenskapelige språket er en spesialisering av hverdagsspråket (Knain, 2011, s. 39), noe som både gjør det lettere og vanskeligere å tilegne seg det naturvitenskapelige språket.

På en annen side kan man stille spørsmålet om hvor viktig det er at elevene har en dypere forståelse om drivhuseffekten som prosess. Det kan godt hende at elevene fint kan leve bærekraftige liv uten å ha en dyp forståelse om drivhuseffekten. Men likevel kan man tenke litt som Immanuel Kant (1724-1804) som kom med det kategoriske imperativ, hvor universallovsformuleringen lyder som følgende: «Handle bare etter den maksime gjennom hvilken du samtidig kan ville at det skal bli en allmenn lov» (Sagdahl, 2019) som kan forstås som at du kun skal handle på en sann måte at det kunne blitt en allmenn lov. Dette kan også gjelde på tvers av generasjoner, ikke bare i samtiden. Da fremtidens generasjoner ganske sikkert skulle ønske at vi hadde kunnskap og forståelse om drivhuseffekten og klimaendringer, slik at også de får dekket sine behov (Brundtland & Dahl, 1987).

## 7.1 Drivhuseffekten

Drivhuseffekten er en prosess som skjer i atmosfæren vår, og er også et prosessord ifølge Wellington og Osborne (2001) og Mork og Erlien (2017, s. 28). Både drivhuseffekt og absorpsjon er prosessord som resultatene viser at elevene har mindre kontroll på, samsvarer med teorien til Mork og Erlien (2017, s. 27), som hevdet at ord som ikke kan sees eller demonstreres kan oppleves som vanskeligere for elever. Det kan derimot argumenteres for at både drivhuseffekten og absorpsjon kan demonstreres, men dette vil dog bli i en meget forenklet for. Drivhuseffekten er kompleks, men det finnes mange forenklinger når prosessen skal forklares. For eksempel ved å gjøre et enkelt bildesøk på Google.no, vil man se modeller av drivhuseffekten. Modeller er forenklinger av virkeligheten, og har sine styrker og svakheter. I *Klimaendringer* ble det vist en enkel animasjon om drivhuseffekten med tilhørende forklaringer i tekstbokser, men også denne er en forenkling. Det kan diskuteres hvorvidt elevene skal kunne drivhuseffekten i detalj, og hvor dypt man skal gå, men det er viktig at elevene har en viss forståelse for prosessen, årsaker til prosessen og konsekvenser av prosessen. Det er ikke forventet at elever på ungdomstrinnet, eller andre, skal kunne alt om drivhuseffekten i hver minste detalj, men det er forventet at elever skal kunne «beskrive drivhuseffekten og gjøre rede for faktorer som kan forårsake globale klimaendringer» som er et kompetansemål for ungdomstrinnet (Utdanningsdirektoratet, 2020b).

Utdanningsdirektoratet (2020b) forklarer verbet «beskriver» følgende: «Å beskrive er å skildre eller gjengi en opplevelse, situasjon, arbeidsprosess eller et faglig emne muntlig, skriftlig eller digitalt. Å beskrive noe kan også være å bruke relevante fagbegreper for å

systematisere kunnskap om emnet». Dette impliserer at det er forventet at elevene skal bruke fagbegreper når de forklarer og kommuniserer om drivhuseffekten. På tross av denne forventningen viser resultatene fra *Klimaendringer* at elever ofte bruker hverdagslige ord når de skal beskrive drivhuseffekten eller ulike komponenter av drivhuseffekten. Dette samsvarer med det Angell et al. (2019, s. 307) har skrevet, at de fleste har en forståelse av at atmosfæren «holder på varmen», mens mekanismen til drivhuseffekten er vanskeligere å forstå og beskrive.

Med «drivhuseffekten» som søkeord på Google.no, kommer det frem mange illustrasjoner og modeller med en (selvfølgelig) forenklet versjon av drivhuseffekten. Det som er merkbart er at flere illustrasjoner ikke har markert forskjellen mellom kortbølget og langbølget stråling, men viser kun én stråle som kommer fra solen. Andre illustrasjoner har ikke inkludert at klimagassene emitterer stråling i alle mulige retninger etter absorpsjon av varmestråling, men kun strålingen som blir sendt tilbake i retning mot jorden, noe som ville gjort jorden kjempevarm! Det der dermed forståelig om elevene ikke er klar over at jorden sender ut stråling og at denne strålingen er mer langbølget enn solstrålingen, da elever mulig eksponeres for slike forenklete illustrasjoner.

## 7.2 Ozonlaget

Som Angell et al. (2019, s. 307) hevder i boken *Fysikkdidaktikk*, hender det ofte at klimaproblematikken ofte blir forvekslet med andre typer miljøproblemer, slik som ozon- og UV-problematikk, sur nedbør, kjemisk forurensning osv., noe som også blir nevnt i artikkelen til Besson og De Ambrosis (2013, s. 1317). Dette samsvarer med resultater fra elevers svar til *Klimaendringer*, hvor tre elever inkluderte ozonlaget når de egentlig skulle vurdere om CO<sub>2</sub> var en farlig gass eller ikke, samt om gassen hadde en tilknytning til temperaturen på jorden. Den ene misoppfatningen som ofte regjerer, som også ble nevnt i artikkelen til Besson og De Ambrosis (2013, s. 1317), var at nedbrytning av ozonlaget ofte blir oppfattet som en årsak på global oppvarming. Dette samsvarer med resultater fra denne masteroppgaven. Enkelte elever trakk frem ozonlaget da det skulle bli svart på oppgave 1a, som var å vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig.». Det kom frem i resultatene at en elev mente at CO<sub>2</sub> bryter ned ozonlaget, noe som ikke stemmer da det er klorfluorkarbonene som bryter ned ozonlaget, ikke CO<sub>2</sub> (Sinnes, 2015, s. 64). Det blir derimot uttrykt av en elev at ozonlaget er et beskyttende lag rundt jorden, og dette stemmer godt overens med det Sinnes (2015, s. 64)

skriver i sin bok, der hun hevder at ozonlaget hindrer farlig stråling fra solen å nå jorden, deriblant UV-stråling.

Ifølge Busch (2017, s. 16-17) er årsaken til denne misoppfatningen, om at ozonlaget er en del av drivhuseffekten, at det er en oppfatning av at dersom det blir hull i ozonlaget vil solstråling komme gjennom hullet, og dermed varme opp jorden. I denne sammenhengen er det altså en forveksling mellom solstråler og andre farlige strålinger som for eksempel UV-stråling. Dette kan ha noe med at elevene ikke skiller mellom solstråling fra solen og varmestråling fra jorden, og derfor kan det oppstå en misoppfatning om at det er varme som kommer fra solen og ikke hovedsakelig lys.

I resultatene ble det observert noen eksempler på at enkeltelever forbedret sin forståelse vesentlig og hadde en positiv utvikling gjennom *Klimaendringer*, og forlot misoppfatningen om ozonlagets rolle. Blant annet skrev en elev at hen hadde lært at ozonlaget ikke hadde noe med drivhuseffekten å gjøre (se Tabell 13), og dermed har eleven motarbeidet denne misoppfatningen som er en vanlig misoppfatning (Besson & De Ambrosis, 2013, s. 1317), som hen selv hadde før *Klimaendringer*.

Bekymringen for «hullet i ozonlaget» har ikke hatt stort fokus på mange år, i og med dette ble oppdaget på 1980-tallet (Hagen & Kotsbakk, 2020). I 1987 ble Montreal-protokollen, som er en tilleggsprotokoll til Wien-konvensjonen om beskyttelse av ozonlaget. Denne dreide seg om at land skulle redusere klorfluorkarbonene (KFK-gassene), som viste seg å være ozonødeleggende. Dersom denne avtalen følges, er det forventet at ozonlaget i 2050 vil være tilbake i tilstanden før 1980, men den økte drivhuseffekten kan forsinke denne prosessen (Andersen, 2018). Det kan dermed diskuteres og undres over hvor elever får oppfatningen av at ozonlaget har noe med drivhuseffekten å gjøre, og i det heletatt hvorfor de nevner ozonlaget i *Klimaendringer*, da det ikke er et like stort fokus på dette, verken i medier eller skolen, per dags dato.

## **7.3 CO<sub>2</sub> - en naturlig eller unaturlig gass?**

Elevene ble bedt om å vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig.» i den første oppgaven. Begrepet «naturlig» har blitt brukt flere ganger i løpet av *Klimaendringer*, noe som var et bevisst valg blant dem som laget programmet, Wenche Erlien og Øystein Sørborg. Erlien fortalte at det var et bevisst valg å bruke begrepene «naturlig» og

«farlig» da dette er ord som blir brukt i dagligtalen som treffer elevene, samt at begrepene i seg selv skaper et større rom for diskusjon i ulike retninger. Til tross for at CO<sub>2</sub>-gassen er en naturlig gass, viser resultatene at flere elever hevdet gassen kunne være unaturlig. Elevene begrunnet dette med at mye av gassen er menneskeskapt, og derfor unaturlig, noe som samsvarer med studier som Rozin (2005) har deltatt i og lagt frem i sin artikkel. Der kommer det frem at mennesker assosierer begrepet «naturlig» med noe som er «det riktige» både moralsk og etisk. Det samme kom frem i Folkeopplysningens episode, «Naturlig», at mennesker oftest assosierer begrepet «naturlig» med noe positivt (Olsen & Haavie, 2022). Derfor kan det være lett å forstå elevenes uttalelser om at CO<sub>2</sub>-gassen kan være unaturlig, i og med at store mengder kan gi livet på jorden negative konsekvenser. Da elevene hevder at CO<sub>2</sub> er en unaturlig gass, er dette en naturalistisk feilslutning (Moore, 1903). Det er fordi elevene har tilegnet begrepet «naturlig» en betydning, altså noe positivt på forhånd, og dermed konkluderer med at CO<sub>2</sub>-gassen, som kan gi negative konsekvenser, ikke er naturlig. Folkeopplysningen trekker også frem motsetninger til «naturlig», hvor de nevner begrepet «menneskeskapt» (Olsen & Haavie, 2022). Dette er også et begrep som elevene nevner i sammenheng med uttalelsen om at CO<sub>2</sub> er en unaturlig gass. Resultatene viste at 9 elever i oppgave 1a mente gassen kunne være unaturlig eller at deler av gassen var unaturlig, mens det derimot bare var 4 elever som mente dette i oppgave 5. Dette kan tyde på at flere elever har lært at CO<sub>2</sub> er en naturlig gass i løpet av de første oppgavene til *Klimaendringer*, eller det kan hende at de står ved svaret sitt i oppgave 1a, og derfor ikke nevner det samme i oppgave 5.

Enkelte elever hevder derimot at mengden CO<sub>2</sub> som er i atmosfæren i dag er unaturlig, da det er større mengder enn dersom mennesker ikke hadde sluppet ut så mye CO<sub>2</sub>-gass gjennom blant annet industrien. Disse elevene skriver ikke at selve gassen er unaturlig, men derimot mengden. Perspektivet om mengde når det kommer til om CO<sub>2</sub> er farlig eller ikke, er svært essensielt. Resultatene viser at hele 28 av 47 elever refererte til mengdeperspektivet da de skulle vurdere påstanden i oppgave 1a.

Ettersom det var mange elever som skilte mellom naturlig og unaturlig gass, kan det hende at elevene forveksler mellom *naturlig drivhuseffekt* og *menneskeskapt økt drivhuseffekt*.

Forbindelsen mellom denne koblingen er begrepet *naturlig* og begrepet *menneskeskapt*, som Folkeopplysningen trekker frem som motsetninger (Olsen & Haavie, 2022), og som elevene også bruker for å forklare hvorfor de mener at CO<sub>2</sub>-gassen ikke er naturlig, altså at den er menneskeskapt. Elever hevdet at CO<sub>2</sub>, eller deler av gassen, var en unaturlig gass siden den



var menneskeskapt. Ved å se på denne forbindelsen kan det også hende at elevene har en forståelse av skillet mellom naturlig drivhuseffekt og menneskeskapt økt drivhuseffekt, hvor den naturlige drivhuseffekten er nødvendig for livet på jorden. På den andre siden er den menneskeskapte økte drivhuseffekten negativ, da det kan føre til global oppvarming og klimaendringer (Angell et al., 2019, s. 307).

Begrepet «farlig» ble også bevisst inkludert i *Klimaendringer* fordi det er et hverdagslig ord og som åpner opp for diskusjon. Dette begrepet kan ha vært med på å øke forvirringen rundt oppgave 1a og 5 hvor elevene skulle vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig.». Det var flere elever som ikke tenkte på drivhuseffekten eller klimaendringer når det kom til begrepet «farlig». Flere elever skrev at CO<sub>2</sub> er farlig å inhalere for mennesker, og inkluderte ikke at det var farlig for klimaet. Dermed kan det hende at denne oppgaveformuleringen var med på å få elevene til å tenke på andre aspekter ved «CO<sub>2</sub>» og «farlig», enn det som var tenkt med *Klimaendringer*. På en annen side ble det også nevnt i *Klimaendringer* at CO<sub>2</sub> ikke er farlig å puste inn i mindre mengder, så det kan hende at elever hang seg mer opp i disse poengene enn det som var ønsket og forventet (Viten.no, u. å.-d). En kan se på disse perspektivene, farlig for mennesket å puste inn og farlig for klimaet og kloden, på samme måte som de sosiovitenskapelige problemene som burde bli vurdert både på individnivå og samfunnsnivå (Lee & Campbell, 2020). I oppgave 1a var det mange elever som la fokuset på CO<sub>2</sub> som farlig på individnivå, mens i oppgave 5 var det flere elever som rettet fokuset mot klimaet, som er å anse som samfunnsnivå. Elevene hadde altså åpnet blikket for flere perspektiver og kanskje fått en bedre forståelse for oppgaven, altså å se på hva som er faren med CO<sub>2</sub> for klimaet, jorda og samfunnet.

## 7.4 Mengde CO<sub>2</sub>

Ved å se på Figur 1, kan man observere hvor utrolig lite CO<sub>2</sub> det er i atmosfæren i forhold til de andre gassene. Dette er noe som virker til at ikke er helt innforstått hos flere elever som gjennomførte *Klimaendringer*, da blant annet elev 13 hevdet at CO<sub>2</sub>-gassen var «hovedgassen» i atmosfæren. Med det antar jeg at vedkommende mener at det er den dominerende gassen i atmosfæren, hva gjelder mengde. Dette samsvarer med resultatene til Jarrett og Takacs (2020) hvor de fant at elever mente det var mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren, de fant også at flere elever ikke vet at vanndamp er den vanligste drivhusgassen. På en annen side kan det hende at elevene mente at det var denne gassen som er mest snakket om når det

kommer til drivhuseffekten. Det er dog flere elever som hevder at det er veldig mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren, noe det egentlig ikke er. Begrepet «mye» er relativt, men det er ikke mye CO<sub>2</sub> i atmosfæren i forhold til de andre klimagassene.

Om man ser på Figur 11 kan man se at de aller fleste elevene trakk frem mengdeperspektivet til CO<sub>2</sub> i atmosfæren da de skulle vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig.» i oppgave 1a og 5. De fleste snakket kun om mengde generelt i første oppgave, men mange inkluderte at det var for mye. Kun 5 elever nevnte at det kunne være farlig for jorden med for lite CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> er derimot helt essensielt, fordi uten denne gassen i atmosfæren vil den naturlige drivhuseffekten bli svekket, temperaturen på jorden vil synke og livet på jorden ville vært helt annerledes enn det det er i dag (Angell et al., 2019, s. 307). Dette kan knyttes til Jarrett og Takacs (2020) sine resultater der de fant at elever mener at det er lite CO<sub>2</sub> i atmosfæren, og dermed ikke farlig. Så en av grunnene til at elevene som gjennomførte *Klimaendringer* ikke nevnte at for lite CO<sub>2</sub> i atmosfæren kan være farlig, kan være fordi de anser gassen som farlig i større mengder, ikke i mindre. I oppgave 5 ble mengdeperspektivet nevnt færre ganger i elevsvarene, noe som kan indikere på at elevene heller fokuserer på andre aspekter ved påstanden, eller å ikke gjenta seg selv.

Selv om det er lite CO<sub>2</sub> i forhold til andre klimagasser i atmosfæren, er det viktig å vite at denne mengden CO<sub>2</sub>-gass kan utøve mye. En kan for eksempel se på CO<sub>2</sub>-gassen som en sukett. Dersom man legger en sukett i en kopp med varmt vann, vil vannet bli betydelig søtere. Det samme er det med CO<sub>2</sub> i atmosfæren, selv om det er lite av den i forhold til andre gasser, er gassen betydelig for drivhuseffekten.

For å unngå misoppfatningen om at det er mye eller mest av CO<sub>2</sub>-gass i atmosfæren, kan en for eksempel trekke frem en figur, diagram eller tabell som viser hvor mye det er av de ulike gassene i atmosfæren. Et eksempel på en slik figur kan sees kapittel 2.1.1 Jordens atmosfære, Figur 1.

En annen misoppfatning som er blitt observert i resultatene er knyttet til oppfatningen av selve CO<sub>2</sub>-molekylet. Det kan virke som at enkelte elever har satt et likhetstegn mellom CO<sub>2</sub> og varme, hvor CO<sub>2</sub> i seg selv produserer varme. Det er dog én elev som har presisert dette på en god måte hvor hen har skrevet at det er ikke CO<sub>2</sub> i seg selv som skaper varme, men konsekvensene av CO<sub>2</sub> er med på å påvirke temperaturøkningen på jorden.

## 7.5 Absorpsjon i jordatmosfæren

Begrepet «absorpsjon» er et prosessord (Mork & Erlien, 2017, s. 28; Wellington & Osborne, 2001). Begrepet er vidt og kan brukes i ulike kontekster. For eksempel dersom en svamp absorberer vann, kan man oversette dette til at svampen suger opp vann. Men dersom man ser begrepet absorpsjon i kontekst av drivhuseffekten i jordatmosfæren, kan det oversettes til for eksempel «ta opp». Begrepet absorpsjon kan altså brukes i flere ulike kontekster, men i denne masteroppgaven blir det sett på i kontekst av CO<sub>2</sub> som absorberer varmestråling i jordatmosfæren.

Det er tydelig at flere elever ikke helt har forstått begrepet «absorpsjon», noe som vises ved at begrepet sjeldent blir brukt (se Tabell 10), samt at det er komponenter ved prosessen som er noe misoppfattet eller manglende blant elevene. Når elevene forklarer prosessen absorpsjon i stedet for å bruke begrepet, kan det oppstå misforståelser da språket blir mindre presist Mossige (2017, s. 24). Dette kan knyttes til mentale modeller og metaforer, da forklaringene til elevene kan virke som at de har en forestilling av prosessen er inspirert av hverdagen, altså noe de har erfart (Lakoff et al., 2003; Norman, 1987; Rundgren et al., 2009). En elev skrev at varmestrålene fra sola blir fanget i atmosfæren. Her er det en misoppfatning om hvilken stråling som blir absorbert av CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Eleven skrev at det var varmestråling fra solen, mens det egentlig er varmestråling fra jorden. Hele 35 elevsvar blant de blå oppgavene (se Tabell 4) nevnte spesifikt at det var stråling fra solen som ble absorbert i jordatmosfæren. Siden så mange elever skrev at det er stråling fra solen som blir absorbert, kan det undres hvordan de kan forklare at solstrålingen kommer inn gjennom atmosfæren, men ikke ut igjen. Derfor kan dette tolkes som at elevene har en mental modell, forestilling eller en metafor om en inngangsportal eller en enveiskjørt vei. Slike mentale modeller kan, ifølge Norman (1987), fungere for å få en forståelse av et komplekst, naturfaglig fenomen. Gilbert (2004, s. 116) hevder at modeller generelt kan fungere som en bro mellom hverdagslivet og naturvitenskapen, også slike mentale modeller. Men dette trenger ikke nødvendigvis å være en presis bro, da naturvitenskapen er såpass kompleks. Mentale modeller og metaforer kan være gode representasjoner for fenomener som er komplekse, for små, for store eller for langt unna til å kunne oppfattes med det blotte øyet (Angell et al., 2019), men det er dermed ikke sagt at de blir nøyaktige. Etter å ha studert denne feiltolkningen, er det lett å se for seg at elevene har «mistet» komponenten i drivhuseffekten hvor solstrålingen blir absorbert av jorden, for så å bli omdannet og sendt ut som varmestråling.

Oppgaveparet 1b og 7 handlet i stor grad om absorpsjon, hvor elevene skulle vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> har ikke noe med temperatur å gjøre». I Figur 19 kan en se at det var flere elever som hadde en positiv utvikling når det kom til oppgaveparet 1a og 5 enn oppgave 1b og 7. Dette kan begrunnes på flere måter, men det kan også ha noe med at sistnevnte oppgavepar omhandler prosessen «absorpsjon» som tydelig er noe av det elevene strever mest med.

På en annen side kan det diskuteres hvorvidt elevene skal lære om prosessen «absorpsjon», hvor dypt skal man gå og om det egentlig er så viktig at elevene forstår prosessen i jordatmosfæren? Det er jo en viktig del av drivhuseffekten, for dersom ikke klimagassene hadde absorbert varmestråling fra jorden, hadde jorden vært altfor kald for livet som nå er på jorden (Angell et al., 2019, s. 307). På en annen side, kunne det vært nyttig for elevene å forstå forskjellen mellom absorpsjon og refleksjon, da dette er en sentral del for drivhuseffekten. Dersom denne forskjellen er forstått, kan det hende at færre misoppfatninger oppstår. Dersom man ser i naturfagsboken, Nova 10 fra 2015, blir det lagt frem en liste med ordforklaringer etter hvert kapittel, men begrepet «absorpsjon» blir aldri forklart, på tross av at det blir brukt i boken til å forklare drivhuseffekten. I stedet blir «drivhuseffekt» forklart følgende: «oppvarming av jordas overflate og atmosfære fordi gasser i atmosfæren holder tilbake varmestråling» (Steiniger & Wahl, 2015, s. 59). I denne sammenhengen blir altså ikke «absorpsjon» brukt, og det blir heller ikke nevnt hvor varmestrålingen kommer fra. Dette kan være noe av årsaken til at prosessen «absorpsjon» blir vanskelig for elever, samt hvilken stråling som blir absorbert eller «holdt tilbake».

## 7.6 Stråling

For at elevene skal få en bedre og mer korrekt forståelse av drivhuseffekten som prosess, inkludert prosessen om absorpsjon, er stråling en essensiell komponent. Begrepet stråling, som kommer av verbet å stråle, har blitt nominalisert (Angell et al., 2019, s. 216).

Nominalisering kan være, ifølge Maagerø (2006) referert i Mork og Erlien (2017, s. 33), med på å forvirre elever, da det vitenskapelige språket blir mer kompleks ved at mye informasjon blir komprimert til et substantiv. På en annen side kan nominalisering gjøre naturvitenskapen enklere for elevene, da det er færre ord å holde orden på (Haug & Mork, 2021, s. 43). Som nevnt i delkapittelet ovenfor, er det store misoppfatninger rundt hvilken stråling som blir absorbert av CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Blant annet er det urovekkende at kun 7 elevsvar spesifikt

inkluderte at strålingen som ble absorbert kom fra jorden (se Figur 10). Dersom det er slik at de resterende elevene mener at det er stråling fra solen, er det flere ting mang kan stille et spørsmål ved. For det første: Hvorfor kommer stråling fra solen inn i atmosfæren, men ikke ut i verdensrommet igjen? Det er her den mentale modellen eller metaforen om enveiskjørt inngangsportal kommer inn. Man kan anta at alle elevene har erfart en skyvedør før, og det går også an å stille den inn til å kun åpne seg fra utsiden, men ikke fra innsiden. Det kan hende at elevene ikke har en annen forklaring på hvorfor strålingen kommer inn i atmosfæren og ikke ut igjen enn en slik skyvedør eller inngangsportal.

Det er tydelig at det er vanskelig for elevene å forstå at strålingen som blir absorbert i atmosfæren faktisk kommer fra jorda, og ikke fra sola, noe som også Jarrett og Takacs (2020, s. 414) observerte i sin studie. De fant at flere elever stilte spørsmål ved om jorden i det heletatt sendte ut stråling, og konkluderte med at det var en mental modell som gikk hos elevene der de hadde fått for seg at varme fra solen ble reflektert av jorden, i stedet for å bli absorbert, omdannet og emittert. Jarrett og Takacs (2020, s. 414) observerte også at elever trodde at kun levende og varme ting sendte ut varmestråling. Kun én elev kunne fortelle at alt sender ut varmestråling, da ingen molekyler er i ro (Jarrett & Takacs, 2020, s. 414). Dette kunne ha vært en god måte å forklare og oppklare at alt sender ut varmestråling, ved å gå ned på molekylnivå og fortelle at ingen molekyler er helt i ro. Dette kan være viktig å ha kjennskap til for elevene, for at de skal forstå hvorfor klimagassene absorberer stråling som kommer fra jorden, og ikke strålingen som kommer fra solen (Jarrett & Takacs, 2020, s. 414). Det kunne muligens blitt enklere å forstå dette konseptet dersom elevene hadde dypere kunnskap om energiregnskap, og at de knyttet energiregnskapet til drivhuseffekten. Stråling er energi, og dette er mulig å regne på og få en overordnet forståelse for stråling fra solen kontra stråling fra jorda. Med unntak av forsterkningen av drivhuseffekten, som tross alt er en liten del av det totale energiregnskapet til jorden, må jorden som system nesten være i energimessig balanse, fordi nesten like mye strålingsenergi går ut fra jorda som det vi mottar fra solen (Marshak, 2012, s. 794). Det er også viktig at elevene vet at alle legemer sender ut varmestråling i form av energi (Mamen, 2022), noe som også kan øke forståelsen rundt dette temaet.

Noe annet som er verdt å diskutere er hvorfor ingen elever spesifikt har nevnt «kortbølget stråling» eller «langbølget stråling». Det er ingen elever som har nevnt dette skillet, som er betydelig for å kunne skille hvilken stråling som blir absorbert i atmosfæren og ikke. Dette på

tross av at både kortbølget og langbølget stråling ble inkludert i *Klimaendringer*, både gjennom tekst og animasjon. Angell et al. (2019, s. 307) har også uttrykt et ønske om at elevene skal kunne skille mellom kortbølget og langbølget stråling, fordi dette skillet kan øke elevenes forståelse for hvorfor atmosfæren, eller klimagassene, oppfører seg annerledes mot innkommende og utgående stråling. Også dette kan knyttes til forskningen til Jarrett og Takacs (2020, s. 414), hvor en elev forklarte at alt sender ut stråling, da ingen molekyler er helt i ro og derfor i bevegelse. Denne forklaringen kan være med på å styrke elevenes forståelse om at alt sender ut stråling, og dermed kunne skille mellom stråling fra solen og stråling fra jorden. Noe som også samsvarer med naturlovene, som sier at alle legemer sender ut varmestråling i form av energi, hvor strålingens intensitet og bølgelengde avhenger av legemets temperatur (Mamen, 2022).

## 7.7 Konsekvenser av økt drivhuseffekt

En av de vanligste konsekvensene som blir nevnt i medier på grunn av økt drivhuseffekt er stigning av havnivået, der årsaken som oftest blir omtalt er is som smelter. Det er dog flere årsaker til at havnivået stiger, blant annet på grunn av at is, som i utgangspunktet er på land, smelter, men det er også på grunn av termisk utvidelse. Termisk utvidelse, altså at vannet får større volum når det er varmt enn når det er kaldt, er også en av hovedgrunnene til at havet stiger (Sinnes, 2015, s. 66). Begge disse årsakene til økt havnivå blir nevnt i *Klimaendringer*, men issmelting fikk mest oppmerksomhet. Det skal dog sies at selve begrepet «termisk utvidelse» ikke ble brukt i *Klimaendringer*, men det ble forklart med at vann med høyere temperatur har større volum enn kaldere vann. Derfor kan dette være årsaken til at ingen elever nevnte «termisk utvidelse» som en årsak til at havet stiger, eller ei heller omtalte «termisk utvidelse». Elever skrev dog at det er negativt for livet på jorden at isen smelter fordi dette fører til høyere havnivå, som igjen fører til at menneskers bosted vil bli oversvømt. Også i dette aspektet ved økt drivhuseffekt er det noe som mangler, fordi det er flere grunner til at smelting av is har negative konsekvenser for dyr og mennesker på jorden. Det kan virke som om elevene ikke har forståelse for tilbakekoblingsmekanismer, som for eksempel at isen har høy albedo (Fossum et al., 2021, s. 273) Dette er dog ikke et tema i *Klimaendringer*, men etter å ha analysert elevsvarene kan det tyde på at elevene ikke har reflektert over tilbakekoblingsmekanismer. Dersom vi mister områder med høy albedo, vil dette føre til at jorden reflekterer mindre sollys, men i stedet absorberer og omdanner solstrålingen til

varmestråling, som igjen fører til høyere temperaturer på jorden ("Albedo," 2020; Fossum et al., 2021, s. 266).

Elevene har nevnt flere konsekvenser av økt drivhuseffekt og temperatur gjennom *Klimaendringer*, men en konsekvens som skilte seg ut var det Elev 47 skrev. Hen svarte på oppgave 1b at et varmt hav tar opp CO<sub>2</sub> dårligere enn et kaldt hav, og dermed vil det bli enda mer CO<sub>2</sub> i atmosfæren når havets temperatur stiger. Professor Are Olsen ved Universitetet i Bergen og Berkenssenteret for klimaforskning opplyser at omlag 25 % av de menneskeskapte CO<sub>2</sub>-utslippene havner i havet, noe som vil resultere i at havet blir surere, mens konsekvensen av forsuringen foreløpig ikke er kjent (Ursin, 2020). Truls Johannessen ved Geofysisk institutt på UiB sier at hav blir mettet på CO<sub>2</sub>, og dermed tar det opp mindre CO<sub>2</sub> enn tidligere. Dette fører så til at menneskelige utslipp går ut i atmosfæren og dermed forsterke drivhuseffekten ytterligere i fremtiden. Han forteller også at temperaturøkninger fører til varmere hav, som tar opp mindre CO<sub>2</sub> enn et kaldt hav. Denne forverringen av CO<sub>2</sub>-opptaket fører dermed til en ond klimaspiral (Andreassen, 2009). Et varmere hav har dog dårligere evne til å holde på *oksygen*, noe som er bekymringsfullt for plante- og dyrelivet i sjøen (Fauchald et al., 2015). Ifølge Jarrett og Takacs (2020) tror flere elever at når CO<sub>2</sub> oppløses i vann vil det forsvinne helt bort, noe som er urovekkende da dette kan bli sett på som en «løsning» for CO<sub>2</sub>-utslippene til menneskene. Dette denne misoppfatningen er også mulig å motvirke ved å bruke en sukett i en kopp varmt vann som eksempel. Selv om suketten er blitt løst opp i vannet, vil suketten likevel være i vannet, noe som kan bevises ved å smake på vannet og kjenne at det er søtere enn vann uten sukett.

## **7.8 Tiltak for, og tro på, en bedre fremtid**

Flere forskere skriver at det er viktig å gi elevene troen eller håpet på at klimaproblemene kan løses (Angell et al., 2019, s. 307; Cook, 2015; Jarrett & Takacs, 2020; Ojala, 2012). Oppgave 6 og 20 (Tabell 4) kan knyttes til SSI, da de er relatert til klimaproblematikken og går ut på hvordan temperaturen på jorden vil være i fremtiden, samt hva en kan gjøre for å redusere CO<sub>2</sub>-utslippet (Dawson & Carson, 2017, s. 3). Disse kan også vil være med på å bygge en bro mellom erfaringer og opplevelser fra hverdagen og det elevene lærer i klasserommet. Da kan slike sosiovitenskapelige problemstillinger oppleves som mer relevante og aktuelle blant elevene (Sadler et al., 2007, s. 373). Ved å se på resultater knyttet til oppgave 20 (se Figur 18), kan man se at elevene nevner flere tiltak for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp på individnivå, enn

på samfunnsnivå. Årsaken til dette kan være mange, likevel ønsker jeg å diskutere noen. Først og fremst kan det hende at elevene, som er i 15-16-årsalderen, ikke har et forhold til hvordan ting fungerer i det store samfunnet og systemet. Det er mye som blir påvirket og bestemt av myndigheter, staten, politikken, markedet, medier, osv. Dette kan henge sammen med at barn oftere er avhengige av foreldre og foresatte som «tar seg av» det meste og muligens skjerner barna for større og mer komplekse problemer (Ojala, 2012). En annen årsak kan være at barn føler seg små og «ubetydelige» når det kommer til det «store samfunnet», og derfor ikke føler at de har noe å bidra med i større kontekster. Derfor legger de heller frem tiltak på individnivå (Lee & Campbell, 2020) som de selv føler at de kan beherske. Dette samsvarer godt med det artikkelen til Cook (2015) handlet om, at et samarbeid mellom studenter og forskere førte til at studentene følte på å være mer betydelig. En siste årsak til at elevene trekker frem flere tiltak på individnivå enn samfunnsnivå kan være fordi det rett og slett er for lite tverrfaglig når det for eksempel kommer til miljø og politikk. Fagfornyelsen, som har gjort sitt inntog, kan være med på å snu denne trenden og kan gjøre elevene mer bevisste på det samfunnsmessige perspektivet. Det er nemlig ingen elever som har nevnt politikk når det kommer til tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipper. Dette er noe overraskende fordi en kan anta at de fleste har hørt om blant annet Greta Thunberg, en ung jente som startet med demonstrasjon for klimaet. Hun sto utenfor den svenske Riksdag i august 2018 med et skilt hvor det sto «skolestrejk för klimatet» ("Skolestreik for klimaet," 2022). Greta satt utenfor den svenske Riksdag for å påvirke beslutningstagerne og velgerne, ikke utenfor et supermarked for å påvirke hva folk handler til middag. Hun siktet altså på samfunnet, ikke enkeltindivider.

Noe annet som merker seg i resultatene i Figur 17, er at det kun er fire elever som har nevnt teknologi som et tiltak til reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp. Ifølge artikkelen til Cook (2015) har barn oftere troen på, og stoler mer på, forskere og teknologisk utvikling, enn voksne. Derfor ville det være forventet at flere elever ville nevne utvikling av teknologi som et tiltak. Dette til tross for at denne oppgaven er i starten av del 3 i *Klimaendringer* og er en oppgave for å kartlegge forkunnskapene til elevene, fordi de aller fleste har erfaringer eller tanker om teknologi og klima fra før. Det er derimot flere elever som ser positivt på fremtidens temperatur på jorden, hvor de har troen på at menneskeheten kan klare å gjøre noe med dagens utslipp og finne bedre og smartere løsninger for å kunne fortsette å leve på jorden. Dette kan også knyttes opp mot forskningen til Lee et al. (2020) som fant at enkelte elever synes sosiovitenskapelige problemer er vanskelige, og noen ganger unødvendige, da de har



blind tro på vitenskapen. Dermed tror de at det finnes et fasitsvar og at det ikke er åpent for diskusjon og flere «riktige løsninger».

Til tross for at elevenes forslag til tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp, som kan virke enkle ved å ta miljøvennlige små-valg i hverdagen, er det ingen elever som skriver at det kan bli vanskelig å gjøre endringer i livet til fordel for en mer bærekraftig verden. *Klimaendringer* legger heller ikke opp til slike vurderinger om at bærekraftige valg kan være vanskelige, men disse perspektivene kunne gjort programmet eller undervisningen mer nyansert. Det koster ofte mer tid å ta et miljøvennlig valg enn et miljøfiendtlig. For eksempel vil en bruke lengre tid dersom man kjører en elektrisk bil til en hytte fremfor en dieselbil, fordi man blant annet må stoppe for å lade bilen. Gjenbruk er også noe som ble nevnt som et tiltak blant elevene. Dette er også noe som krever mer tid enn om man kjøper nye ting, da for eksempel klær må repareres, sys inn og/eller vaskes før bruk. Utvalget av for eksempel bukser er også veldig begrenset når det kommer til ulike størrelser i en gjenbruksbutikk, og det krever mer leting etter den «riktige» buksen, enn om man bestiller en ny bukse på en nettbutikk i den aktuelle størrelsen.

Dette håpet og troen på en bedre fremtid kan knyttes opp mot både Brundtland-kommisjonen, FNs bærekraftsmål og den overordnede delen i fagfornyelsen, som har et krav om at vi som mennesker skal ta vare på dagens mennesker og natur, samtidig som en ikke begrenser levevilkårene til fremtidens mennesker og natur (Brundtland & Dahl, 1987, s. 42; FN-sambandet, 2021b; Kunnskapsdepartementet, 2020a). Det kan dog sees på som naivt at elevene har troen på fremtiden, særlig etter at de fikk se grafen (Figur 16) over sammenhengen mellom CO<sub>2</sub>-utslipp og temperatur på jorden. Grafen viser tydelig at CO<sub>2</sub>-utslippet har økt betraktelig de siste årene, det samme legger FN-sambandet (2021c) frem i en artikkel. I tillegg til at FN-sambandet presenterer «togradersmålet» som besluttet i internasjonale klimaforhandlinger. Togradersmålet er et mål om å redusere temperaturen med to grader mellom år 1850 og 2100. På en annen side er det godt å se at elevene kommer med realistiske tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp og skriver at de tror at jordens temperatur kommer til å stabilisere seg i fremtiden.

## 7.9 Det naturfaglige språket

Det naturfaglige språket er som sagt en spesialisering av hverdagsspråket (Knain, 2011, s. 39), hvor hverdagsspråket ligger til grunn for det naturfaglige språket. Det kan da diskuteres om hva som er «presist nok» når det kommer til elevenes forklaringer. La oss bruke begrepet «absorpsjon» som eksempel. I Tabell 10 ble det presentert en oversikt over elevers bruk av begrepet eller elevenes forklaringer av begrepet uten å faktisk bruke «absorpsjon». Der blir det vist at det var flere elevsvar som inneholdt forklaringer på «absorpsjon», enn elevsvar som inneholdt det faktiske begrepet «absorpsjon». Selv om mange elevsvar ikke inneholdt begrepet, vil likevel svaret gi mening og være riktig. Men det naturvitenskapelige språket er utviklet for at man skal kunne kommunisere presist rundt forskning (Mork & Sørvik, 2016, s. 13) og for at forskere skal kommunisere med det samme språket (Sjøberg, 2014, s. 68). Det handler ikke bare om at forskere seg imellom skal kommunisere presist. Det handler også om å videreformidle informasjon til alle mennesker. For eksempel gjennom medier møter man på flere naturvitenskapelige begreper som er essensielle å forstå for at konteksten skal gi mening. Ved å se på mine resultater var det hyppig bruk av hverdagslige ord fremfor naturvitenskapelige begreper, som «absorpsjon». Resultatene viste at elevene heller brukte oversettelsen til hverdagslige ord som «fange», «hindre», «stoppe», «fortette», «holde på», «stå i veien», «tar imot» og «ta inn». Disse uttrykkene er nødvendigvis ikke feil, da et enkelt søk på Store Norske Leksikon viser at «Absorpsjon er en prosess hvor enten et stoff eller energi trenger inn i et annet stoff» (Pedersen, 2020).

Det er flere ting som skiller det naturvitenskapelige språket fra det hverdagslige språket. En sentral forskjell er den store mengden illustrasjoner som må studeres og leses i sammenheng med teksten for å gi riktig informasjon (Mossige, 2017, s. 24). Det er altså viktig å kunne hente informasjon fra ulike representasjonsformer, for å få en helhetlig forståelse av det aktuelle temaet. Angell et al. (2019, s. 126-127) hevder at det naturvitenskapelige språket kan være vanskelig, fordi det krever at en kan veksle mellom ulike representasjonsformer, blant annet tabeller, grafer, figurer og tekst. Denne vekslingen ser ut til å være noe utfordrende for elevene som gjennomførte *Klimaendringer*, da det kun var 9 av 30 elever som refererte til en graf i programmet i oppgave 7 (se Figur 15). Dette var til tross for at det i oppgaveteksten sto: «Begrunnelsen bør inneholde informasjon fra grafene ovenfor». En kan undre seg over hvorfor det var under en tredjedel av elevene som refererte til grafen(e). Elevene kan, på en annen side, ha hentet informasjon fra grafene som det sto i oppgaveteksten, uten at de nevnte

grafen(e) eksplisitt i sin besvarelse. Det kan derfor argumenteres for at det har vært flere enn 9 elever som refererte til grafen(e) i svaret sitt i oppgave 7.

To av læringsmålene til Del 1 i *Klimaendringer* er at elevene skal «analysere og bruke data om klima til å forklare hvorfor jorda blir varmere» og «begrunne påstander med faktaopplysninger» (Viten.no, u. å.-d). Også disse to læringsmålene legger forventninger på elevene om at de skal kunne bruke grafene til å hente riktig informasjon. Læringsmålene i *Klimaendringer* er samstemte med de grunnleggende ferdighetene, der en blant annet kan lese at: «Utviklingen av å lese i naturfag går fra å finne og bruke informasjon i tekster til å forstå tekster med stadig flere fagbegreper, symboler, figurer, tabeller og implisitt informasjon» (Utdanningsdirektoratet, 2020a).

# 8 Implikasjoner og konklusjon

## 8.1 Forslag til videre forskning

Jeg har opplevd min forskning som omfattende og jeg har gjort flere interessante funn.

Likevel er det mye mer som kan bli forsket videre på innenfor dette feltet. Blant annet kunne det ha vært interessant å forsket tettere på elevenes utvikling, hvor man har mulighet til å intervjuer elevene for å få en forklaring på hva de mener og hvordan de tenker, slik som Jarrett og Takacs (2020) har gjort i sin forskning. De brukte metodetriangulering, altså flere metoder, for å dykke videre inn i interessante funn. Jarrett og Takacs (2020) hadde en fokusgruppe ved siden av sin kvantitative undersøkelse, for at elevene kunne forklare og bekrefte det de hadde skrevet.

Noe annet Jarrett og Takacs (2020) gjorde i sin forskning var å se på årsakene til elevenes misoppfatninger. Dette ville også vært svært interessant og forsket videre på. Et eksempel på en slik forskning kan inkludere å studere undervisning i temaet og aktuelle lærebøker, samt intervju med elevene.

Det kunne også vært interessant å forsket videre på elevers forståelse rundt drivhuseffekten, gjerne knyttet opp mot energi og energioverganger. Resultatene mine viser at elevene har vanskeligheter med å forstå prosessen «absorpsjon», som omhandler blant annet overnevnte prosesser. Da kunne en eksempelvis sett på hvordan jorden både mottar og sender ut stråling, hvordan strålingen blir omdannet når den blir absorbert av jorden, og hva varmestråling er. Jeg skulle inderlig ønske at jeg kunne spurt elevene som deltok i *Klimaendringer* om de kunne beskrevet hvordan drivhuseffekten fungerer i en dialogisk situasjon.

I min masteroppgave ble det kun analysert elevsvar fra et utvalg oppgaver hentet fra *Klimaendringer*, laget av Viten.no. Det kunne derimot ha vært interessant å studere elevsvar til andre oppgaver. Blant annet kunne det biologiske innenfor klimaet blitt forsket på, hvor en ser på hvilke konsekvenser økt drivhuseffekt har for biologisk mangfold og hvilken rolle planter i karbonkretsløpet har. I tillegg kunne det vært interessant å gå dypere i elevers tiltak for hvordan gjøre samfunnet mer bærekraftig.

## 8.2 Implikasjoner for utforming av *Klimaendringer* og oppfordring til andre

Resultatene viser at det er en tydelig utvikling hos elevenes læring når det kommer til klima og drivhuseffekt i løpet av *Klimaendringer*, men likevel har jeg troen på at det kan bli en enda brattere læringskurve hos elevene. I det følgende vil jeg foreslå endringer/forbedringer til *Klimaendringer* og anbefalinger eller oppfordringer til andre som skal undervise om drivhuseffekten og klima.

Som observert i resultatene, var det flere elever som ikke viste en grunnleggende forståelse av prosessen «drivhuseffekten». Derfor kan det være en mulighet å la elevene forklare hvordan drivhuseffekten foregår, eller eventuelt lage en tilsvarende klikk-og-dra-oppgave. Dette er fordi mange elever ikke viser forståelse for hvor strålingen som blir absorbert i atmosfæren kommer fra, ei heller hva som skjer med strålingen etter at den er blitt absorbert. For at elever skal få en dypere forståelse om drivhuseffekt som prosess, kan det være lurt å gå mer stegvis frem om hva som skjer i drivhuseffekten, hvor det blir inkludert forskjellen på kortbølget og langbølget stråling, samt at strålingens bølgelengde avhenger av temperaturen til legemet som sender ut strålingen. Kanskje dette kan motvirke misoppfatningen om at atmosfæren virker som en enveiskjørt inngangsportal for stråling.

Jeg vil også kommentere oppsummeringsbildet til filmen om drivhuseffekten. Der står det følgende: «... klimagassene hindrer varmestråling fra jorda i å komme ut i verdensrommet» og «Vi kan si at atmosfæren holder igjen litt av varmen». Dette kan ha vært med på å forvirre elevene rundt begrepet «absorpsjon», da det er tydelig at mange ikke har fått helt grepet om denne prosessen. Likevel kan det diskuteres om hvorvidt det er viktig at de behersker bruken av «absorpsjon» og hvilken stråling som blir sendt ut fra hvor og andre komponenter ved drivhuseffekten. Dersom det anses som viktig at elevene vet hva «absorpsjon» i atmosfæren vil si, burde dette ha blitt fremstilt tydeligere og nøyere i programmet. Det samme gjelder for andre komponenter ved drivhuseffekten, som hvor strålingen kommer fra, hvilken type stråling er det, osv. Det kan dog være at det viktigste er at de vet hva som skjer i grove trekk, enn at man skal henge seg opp i prosessord og andre naturfaglige begreper.

Utviklerne av *Klimaendringer* var bevisste om bruken av begrepet «naturlig» underveis i programmet. Begrepet «naturlig» skapte en del usikkerhet blant mange elever i oppgave 1a, da det var mange elever som skrev at CO<sub>2</sub> ikke er en naturlig gass fordi det er vi mennesker

som har produsert den. På en annen side får «naturlig» elevene til å se på ulike aspekter ved begreper. Jeg vil likevel anbefale om å ikke spørre eksplisitt om CO<sub>2</sub> er naturlig i *Klimaendringer*, fordi det avsporer elevene fra temaene klima og drivhuseffekt.

Til slutt ønsker jeg å komme med en forbedring når det kommer til årsaker til stigende havnivå. Det var ingen elever som nevnte andre årsaker enn is og/eller snø som smelter. Selv så jeg at det ble presisert i *Klimaendringer* at også termisk utvidelse er en av årsakene til at havnivået stiger, men det kan tyde på at ikke mange elever har fått dette med seg. Derfor vil jeg foreslå å utheve dette på en måte, eventuelt vise dette med en liten animasjon eller tegning. Det kan også være en idé å gå inn på albedo og tilbakekoblingsmekanismer for at elevene skal få et større blikk på konsekvenser av økt drivhuseffekt og klimaendringer.

### 8.3 Konklusjon

Som svar på det første forskningsspørsmålet «Hvilke misoppfatninger og mangler i forståelse, samt hvilke oppfatninger av drivhuseffekten kommer til uttrykk gjennom elevers skriftlige svar i Viten-programmet *Klimaendringer*?» ønsker jeg å konkludere med at det er flere elever som har en generell forståelse av drivhuseffekten som prosess, men at det er komponenter ved drivhuseffekten som viser seg å være noe krevende og vanskelige å forstå. Blant annet viser resultatene at prosessen «absorpsjon» er vanskelig, både fordi dette begrepet er ukjent og fordi «absorpsjon» i seg selv er kompleks. I tillegg er det forvirring rundt strålingen som blir absorbert, hvor resultatene viser at elevene har problemer med å skille mellom innkommende solstråling (kortbølget stråling) og utgående varmestråling (langbølget stråling) fra jorden. Komponenten om at jorden absorberer solstrålingen, omdanner og emitterer den som varmestråling mangler hos flere elever. Dette gjør at det har oppstått en misoppfatning om at det er stråling fra solen som kommer inn gjennom atmosfæren, men ikke ut igjen. Denne misoppfatningen har jeg kalt for «inngangsportalen», hvor elevene muligens tror at atmosfæren virker som en enveiskjørt inngangsportal eller skyvedør, slik at strålingen kommer inn, men ikke ut. Jeg ønsker med dette å få frem viktigheten med å se på strålingen, og dermed få frem forskjellen på innkommende og utgående stråling, slik at misoppfatningen om «inngangsportal» ikke oppstår. Drivhuseffekten kan virke noe magisk dersom ikke denne komponenten er forstått av elevene. I tillegg kan denne manglende forståelsen for absorpsjon og utsendelse av stråling bunne i en mer generell utfordring med begrepet «energibevaring», altså at elevene ikke er klar over at jorden som system må sende ut like mye energi som den

mottar dersom den er i energibalanse. Jorden er nesten i energibalanse, hvor grunnen til at den ikke er helt i balanse er den menneskeskapte økte drivhuseffekten. Den økte drivhuseffekten gjør at jorden mottar litt mer energi enn den sender ut, og derfor får vi temperaturstigning på jorden.

Som svar på det andre forskningsspørsmålet «På hvilke områder viser enkeltelever utvikling i forståelsen av drivhuseffekten fra oppgavesvar i starten til oppgavesvar lengre ut i Vitenprogrammet *Klimaendringer?*» vil jeg konkludere med at det er flere elever som har hatt en positiv utvikling blant elevsvarene til oppgaveparene som ble analysert i kontekst av utvikling. Når det kommer til første oppgave i *Klimaendringer*, hvor elevene skulle vurdere påstanden «CO<sub>2</sub> er en naturlig gass. Den er jo ikke farlig.», var det flere elever som vurderte påstanden i lys av menneskets helse. Elevene vurderte påstanden som feil, fordi det var farlig for mennesker å inhalere CO<sub>2</sub>-gassen i større mengder. Men i oppgave 5, hvor elevene på nytt skulle vurdere påstanden, vurderte de påstanden med et større blikk på klima, drivhuseffekten og jorden. Dette viser at elevene hadde en utvikling når det kom til å se på problemer både på individnivå og samfunnsnivå (Lee & Campbell, 2020). Elever viser også en positiv utvikling når det kommer til bruk av fagbegreper gjennom *Klimaendringer*, noe som også kan indikere på dypere forståelse og læring (Haug, 2016, s. 149).

Problemstillingen til denne masteroppgaven er «Hvordan er ungdomsskoleelevers forståelse av sentrale begreper og prosesser knyttet til drivhuseffekten i kontekst av Viten-programmet *Klimaendringer?*». Det viser seg at elever har en generell kontroll på drivhuseffekten som prosess, men likevel er det utfordringer, hvor noe av årsaken kan være mangel på begrepsforståelse. Både «absorpsjon» og «stråling» er med på å gjøre forståelsen av drivhuseffekten vanskelig for elevene. Absorpsjon er en prosess som kan brukes i mange kontekster, og er spesielt viktig i drivhuseffekten. Men for å forstå absorpsjon som prosess i atmosfæren, er det gitt at elevene har en forståelse for hvorfor noen stråling blir absorbert og andre ikke. Det krever altså at elevene kan skille mellom kortbølget og langbølget stråling, og at de har en forståelse for hvorfor noen strålinger kommer lett inn i atmosfæren, hva som skjer når strålingen treffer jorden, og hvorfor noe stråling ikke slipper ut igjen gjennom atmosfæren fra jorden.

Jeg vil konkludere med at en økt kunnskap om drivhuseffekten og hvordan man kan motarbeide den menneskeskapte økte drivhuseffekten og klimaendringer er viktig, dette for at elevene skal bli ansvarlige og delaktige samfunnsborgere i en fremtidig bærekraftig verden.

Det er viktig at elevene har innsikt i tiltak for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp både på individnivå, så vel som på samfunnsnivå.



# Litteraturliste

- Albedo. (2020, 26. november). I *Store Norske Leksikon*. Hentet 2. februar 2022 fra <https://snl.no/albedo>
- Andersen, G. (2018, 15. januar). Montreal-protokollen. I *Store Norske Leksikon*. Hentet 28. april 2022 fra <https://snl.no/Montreal-protokollen>
- Andreassen, K. E. (2009, 4. desember). CO<sub>2</sub>-opptaket i havet svekkes. *På høyden*. <https://www.uib.no/ka/51061/co2-opptaket-i-havet-svekkes>
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk* (2. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Angell, C., Ryder, J. & Scott, P. (2005). Becoming an expert teacher: Novice physics teachers' development of conceptual and pedagogical knowledge
- Bakken, J. & Andersson-Bakken, E. (2021). Innholdsanalyse. I E. Andersson-Bakken & C. P. Dalland (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: forskningsdesign, datainnsamling og analyse* (s. 305-326). Universitetsforlaget.
- Besson, U. & De Ambrosis, A. (2013). Teaching Energy Concepts by Working on Themes of Cultural and Environmental Value. *Science & education*, 23(6), 1309-1338. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9592-7>
- Brandt, H., Hushovd, O. T. & Tellefsen, C. W. (2016). *Naturfag SF*. Aschenhoug.
- Brundtland, G. H. & Dahl, O. (1987). *Vår felles framtid*. Tiden Norsk Forlag.
- Bryhni, I., Olerud, K. & Mamen, J. (2019, 12.12). Klimagasser. I *Store Norske Leksikon*. Hentet 2.2.2022 fra <https://snl.no/klimagasser>
- Busch, K. C. (2017). Framing of Climate Change in United States Science Education. *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.572>
- Cassels, J. & Johnstone, A. (1985). *Words that matters in science*. Royal Society of Chemistry.
- Childs, P. E. & O'Farrell, F. J. (2003). Learning Science Through English: An investigation of the vocabulary skills of native and non-native English speakers in international schools. 4. <https://doi.org/10.1039/B3RP90015K>
- Cook, K. (2015). Democratic Participation with Scientists Through Socioscientific Inquiry. I *EcoJustice, Citizen Science and Youth Activism [electronic resource] : Situated Tensions for Science Education* (s. 281-295). mprint Springer; Springer International Publishing.
- Creswell, J. W.-. & Miller, D. L. (2000). Determining Validity in Qualitative Inquiry. *Theory into practice: Getting good qualitative data to improve educational practice*, 39, 124-130.
- Cullipher, S., Sevan, H. & Talanquer, V. (2015). Reasoning about benefits, costs, and risks of chemical substances: mapping different levels of sophistication. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 377-392. <https://doi.org/10.1039/c5rp00025d>
- Dahl, Ø. (2019). Språk er makt. NDLA. <https://ndla.no/nb/subject:1:b9e86c43-93b8-49e9-81af-09dbc7d79401/topic:2:194233/topic:2:78246/resource:1:78356>
- Dalen, M. (2011). *Intervju som forskningsmetode - en kvalitativ tilnærming* (2. utg.). Universitetsforlaget.
- Dannevig, P. & Harstveit, K. (2020, 23.10). Klima. I *Store Norske Leksikon*. Hentet 2.2.2022 fra <https://snl.no/klima>
- Dawson, V. & Carson, K. (2017). Using climate change scenarios to assess high school students' argumentation skills. *Research in science & technological education*, 35(1), 1-16. <https://doi.org/10.1080/02635143.2016.1174932>

- Drivhuseffekt. (2022, 14. januar). I Wikipedia. Hentet 21. januar 2022 fra <https://no.wikipedia.org/wiki/Drivhuseffekt>
- Elgarøy, Ø. (2017). *Astronomi - en kosmisk reise* (2. utg.). Universitetsforlaget.
- Fauchald, P., Anker-Nilssen, T., Barrett, R., Bustnes, J. O., Bårdsen, B.-J., Christensen-Dalsgaard, S., Descamps, S., Engen, S., Erikstad, K. E., Hanssen, S. A., Lorentsen, S.-H., Moe, B., Reiertsen, T., Strøm, H. & Systad, G. H. (2015). *The status and trends of seabirds breeding in Norway and Svalbard* (NINA M-1151). Norsk institutt for naturforskning. <http://hdl.handle.net/11250/2397703>
- Fløttum, K. (2014). Ungdom og klima: Optimister og bekymret. *Energi og klima* <https://energiogklima.no/meninger-og-analyse/kommentar/ungdom-og-klima-optimister-og-bekymret/>
- FN-sambandet. (2021a). Bærekraftig utvikling. <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- FN-sambandet. (2021b). FN's bærekraftsmål. Hentet 20. desember, fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-utdanning>
- FN-sambandet. (2021c). Klimaendringer. <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>
- Fossum, J.-C., Bergli, E., Dellnes, H. R., Myhre, H. V. & Sandstad, M. (2021). *Kraft 1: lærebok i fysikk 1: studiespesialiserende utdanningsprogram* (2. utg.). Cappelen Damm.
- Furseth, I. & Everett, E. (2012). Kunsten å holde stø kurs. Å lage en god analyse. I *Masteroppgaven. Hvordan begynne og fullføre* (s. 145-161). Universitetsforlaget.
- Generelle forskningsetiske retningslinjer*. (2014). De nasjonale forskningsetiske komiteene. <https://www.forskningsetikk.no/retningslinjer/generelle/>
- Gilbert, J. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International journal of science and mathematics education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gleiss, M. S. & Sæther, E. (2021). *Forskningsmetode for lærerstudenter: å utvikle ny kunnskap i forskning og praksis* (1. utgave. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Grønås, S. (2012). *Hvordan klimaet kan endres - en innføring*.
- Hagen, T. A. & Kotsbakk, K., Kristin Ness. (2020, 27. mars). Hullet i ozonlaget: Verdensdugnaden har fungert, viser forskning. NRK. <https://www.nrk.no/viten/hullet-i-ozonlaget-er-mindre-og-pavirker-klimaet-1.14961791>
- Haug, B. S. (2016). Begrepsforståelse og vurdering underveis i en utforskning. I *På forskerfotter i naturfag* (s. 144-157). Universitetsforlaget.
- Haug, B. S. & Mork, S. M. (2021). Nøkkelbegreper. I *Nøkkelbegreper i utforskende arbeid* (s. 38-56). Universitetsforlaget.
- Haug, B. S. & Ødegaard, M. (2014). From Words to Concepts: Focusing on Word Knowledge When Teaching for Conceptual Understanding Within an Inquiry-Based Science Setting. *Research in science education (Australasian Science Education Research Association)*, 44(5), 777-800. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9402-5>
- Jarrett, L. & Takacs, G. (2020). Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change. *Environmental education research*, 26(3), 400-420. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1679092>
- Jegstad, K., Jøsok, E., Ryen, E. & Sandvik, M. (2019, 2. august). Kritisk tenkning i klasserommet. *Utdanningsnytt*. <https://www.utdanningsnytt.no/fagartikkel-fagfornyelse-laereplaner/kritisk-tenkning-i-klasserommet/207602>
- Jordens atmosfære. (2022, 9. april). I Wikipedia. Hentet 21. april 2022 fra [https://no.wikipedia.org/wiki/Jordens\\_atmosf%C3%A6re](https://no.wikipedia.org/wiki/Jordens_atmosf%C3%A6re)

- Knain, E. (2011). Hvordan åpne for vitenskapshistorie i naturfagundervisning? *Nordina: Nordic studies in science education*, 7(1), 32-42. <https://doi.org/10.5617/nordina.247>
- Knain, E. (2012). Skrivning i naturfag: mellom tekst og natur. *Nordic studies in science education*, 1(1), 70-80. <https://doi.org/10.5617/nordina.467>
- Kunnskapsdepartementet. (2020a). *Overordnet del* (Bærekraftig utvikling). <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/tverrfaglige-temaer/2.5.3-barekraftig-utvikling/>
- Kunnskapsdepartementet. (2020b). *Tverrfaglige temaer* (Naturfag (NAT01-04)). <https://www.udir.no/lk20/nat01-04/om-faget/tverrfaglige-temaer?lang=nob>
- Lakoff, G., Johnson, M. & Hidle, M. (2003). *Hverdagslivets metaforer: fonuft, følelser og menneskehjernen*. Pax.
- Lee, H., Lee, H. & Zeidler, D. L. (2020). Examining tensions in the socioscientific issues classroom: Students' border crossings into a new culture of science. *Journal of research in science teaching*, 57(5), 672-694. <https://doi.org/10.1002/tea.21600>
- Lee, O. & Campbell, T. (2020). What Science and STEM Teachers Can Learn from COVID-19: Harnessing Data Science and Computer Science through the Convergence of Multiple STEM Subjects. *Journal of science teacher education*, 31(8), 932-944. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1814980>
- Lindsey, R. (2020, 14. august). Climate Change: Global Sea Level. *Climate.gov*. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>
- LINK. (2021). *E-læringskurs*. Senter for Læring og Utdanning.
- Mamen, J. (2022, 18. mars). Drivhuseffekten. I *Store Norske Leksikon*. Hentet 28. mars 2022 fra <https://snl.no/drivhuseffekten>
- Marshak, S. (2012). *Earth: portrait of a planet* (J. Repcheck & E. Svendsen, Red. 4. utg.). W.W. Norton.
- Marton, F. (1981). Phenomenography - describing conceptions of the world around us. *Instructional science*, 10(2), 177-200. <https://doi.org/10.1007/BF00132516>
- Mental Model. (2022, 25. mars). I *Wikipedia*. Hentet 5. april 2022 fra [https://en.wikipedia.org/wiki/Mental\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Mental_model)
- Mestad, I. & Kolstø, S. D. (2014). Using the Concept of Zone of Proximal Development to Explore the Challenges of and Opportunities in Designing Discourse Activities Based on Practical Work. *Science Education*, 98(6), 1054-1076. <https://doi.org/10.1002/sce.21139>
- Miljødirektoratet. (2021). *Hovedfunn i første del i sjette hovedrapport*. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjette-hovedrapport/hovedfunn-forste-del-sjette-hovedrapport/>
- Moore, G. E. (1903). *Principia Ethica*. Cambridge University Press.
- Mork, S. M. & Erlien, W. (2017). *Språk, tekst og kommunikasjon i naturfag* (2. utg.). Universitetsforlaget.
- Mork, S. M. & Sørvik, G. O. (2016). Utforskende arbeidsmåter og grunnleggende ferdigheter i naturfag. I *På forskerfotter i naturfag* (s. 11-27). Universitetsforlaget.
- Mortimer, E. F. & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classroom*. Open University Press.
- Mossige, M. (2017). Å arbeide med det vanskelege naturfagspråket. *Naturfag*, s. 24-27. <https://www.naturfag.no/binfil/download2.php?tid=2196058>
- Nationalbiblioteket. (u. å.). *NB N-gram*. [https://www.nb.no/sp\\_tjenester/beta/ngram\\_1/galaxies#terms=naturlig](https://www.nb.no/sp_tjenester/beta/ngram_1/galaxies#terms=naturlig)
- Naturfagsenteret. (2021, 20. april). *Om Naturfagsenteret*. Hentet 30. mars 2022 fra <https://www.naturfagsenteret.no/c1405581/artikkel/vis.html?tid=2171411>

- Norman, D. A. (1987). Some observations I *Human-Computer Interaction: A Multidisciplinary Approach* (s. 241-244). Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- NTB-AFP-TT. (2022, 22. april). Varmerekorder og ekstremvær i Europa mens klimakrisen tiltar. VG. <https://www.vg.no/nyheter/utenriks/i/0Gyab2/varmerekorder-og-ekstremvaer-i-europa-mens-klimakrisen-tiltar>
- Ojala, M. (2012). Regulating worry, promoting hope: How do children, adolescents and young adults cope with climate change? *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(4), 537-561.
- Olsen, Tor Erik (produsent) & Haavie, Anders (regissør). (2022, 10. mars 2022). *Naturlig* (Sesong 7, Episode 2) [Episode i TV-serie]. *Folkeopplysningen*. NRK. <https://tv.nrk.no/serie/folkeopplysningen/2022/KMTE31009221/avspiller>
- Ozonlaget. (2022, 16. februar). I *Wikipedia*. Hentet 23. mars 2022 fra <https://no.wikipedia.org/wiki/Ozonlaget>
- Patton, M. Q. (1999). Enhancing the Quality and Credibility of Qualitative Analysis. *Health services research*, 1189-1208.
- Pedersen, B. (2020, 18. oktober). Absorpsjon. I *Store Norske Leksikon*. Hentet 3. mars 2022 fra <https://snl.no/absorpsjon>
- Reed, E. U. (2022, 5. april). Fem håpefulle figurer. *COCERO*. <https://cicero.oslo.no/no/posts/klima/fem-haapefulle-figurer>
- Rozin, P. (2005). The Meaning of «Natural»: Process More Important than Content. *Psychological science*, 16(8), 652-658. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01589.x>
- Rundgren, C.-J., Hirsch, R. & Tibell, L. A. E. (2009). Death of metaphors in life science? - A study of upper secondary and tertiary students' use of metaphors in their meaning-making of scientific content. *Asia-Pacific forum on science learning and teaching*, 10(1), 1-21.
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as context for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42. <https://doi.org/10.1080/03057260802681839>
- Sadler, T. D., Barab, S. A. & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in science education (Australasian Science Education Research Association)*, 37(4), 371-391. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9>
- Sagdahl, M. S. (2019, 16. februar). Kategorisk imperativ. I *Store Norske Leksikon*. Hentet 29. april 2022 fra [https://snl.no/kategorisk\\_imperativ](https://snl.no/kategorisk_imperativ)
- Sinnes, A. T. (2015). *Utdanning for bærekraftig utvikling: hva, hvorfor og hvordan?* Universitetsforlaget.
- Sirhan, G. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Turkish Science Education*, 4(2). <https://dspace.alquds.edu/handle/20.500.12213/742>
- Sjøberg, S. (2014). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk* (3. utg.). Gyldendal akademisk.
- Skeie, R. B. (2018). Drivhuseffekten - for viderekomne. *Klima - et magasin om klimaforskning fra Cicero*. <https://www.cicero.oslo.no/no/posts/klima/drivhuseffekten-for-viderekomne>
- Skolestreik for klimaet. (2022, 2. april). I *Wikipedia*. Hentet 16. april 2022 fra [https://no.wikipedia.org/wiki/Skolestreik\\_for\\_klima](https://no.wikipedia.org/wiki/Skolestreik_for_klima)
- Solbu, E. L. (2012, 20. januar 2022). Her er alt vannet i verden. NRK. <https://www.nrk.no/viten/her-er-alt-vannet-i-verden-1.8138792>
- Steiniger, E. & Wahl, A. (2015). *Nova 10 Elevbok* (Bd. 1). Cappelen Damm.

- Sørvik, G. O. (2016). Å forberede en utforskning. I *På forskerføtter i naturfag* (s. 45-70). Universitetsforlaget.
- Ultrafiolett stråling. (2021, 30. desember). I *Wikipedia*. Hentet 20. april 2022 fra [https://no.wikipedia.org/wiki/Ultrafiolett\\_str%C3%A5ling](https://no.wikipedia.org/wiki/Ultrafiolett_str%C3%A5ling)
- Universitetet i Oslo. (2017, 15.10). Sorte legemer, stålring, fluks og luminositet. *EliVers*. <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/astro/AST2000/h17/elines-blogg/planlegging-av-reisen/sorte-legemer-straling-fluks-og-luminositet.html>
- Ursin, L. (2020, 17. desember). Ekspertintervjuet: Havets opptak av karbon. *Energi og klima*. <https://energiogklima.no/to-grader/ekspertintervju/ekspertintervjuet-havets-opptak-av-karbon/>
- Utdanningsdirektoratet. (2020a). *Grunnleggende ferdigheter* (NAT01-04). <https://www.udir.no/lk20/nat01-04/om-faget/grunnleggende-ferdigheter>
- Utdanningsdirektoratet. (2020b). *Læreplan i naturfag (10. trinn)* (NAT01-04). <https://www.udir.no/lk20/nat01-04/kompetansemål-og-vurdering/kv78>
- Viten.no. (u. å.-a). Hentet 4. mai 2022 fra <https://www.viten.no/nob/>
- Viten.no. (u. å.-b). 1. Jorda blir varmere. Naturfagsenteret. Hentet 30. mars fra <https://www.viten.no/filarkiv/klima/#/id/5cfc0002569e3dad07967bbf>
- Viten.no. (u. å.-c). *Arbeidsboka*. Naturfagsenteret. Hentet 12. mai 2021 fra <https://www.viten.no/filarkiv/klima/#/id/5d89f2dba82bcb1c6ab66d8d>
- Viten.no. (u. å.-d). *Klimaendringer*. Naturfagsenteret. Hentet 12. mai 2021 fra <https://www.viten.no/filarkiv/klima/#/>
- Viten.no. (u. å.-e). *Om Viten*. Naturfagsenteret. Hentet 30. mars 2022 fra <https://www.viten.no/art.html?stid=1357196&lang=nob>
- Wellington, J. J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Open University Press.
- Zeidler, D. L. & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of elementary science education*, 21(2), 49-58. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>
- Zembylas, M. (2004). Emotion metaphors and emotional labor in science teaching. *Science Education*, 88(3), 301-324. <https://doi.org/10.1002/sce.10116>
- Øgreid, A. K. (2021). Elevtekster som empirisk materiale i kvalitative studier. I E. Andersson-Bakken & C. P. Dalland (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: forskningsdesign, datainnsamling og analyse* (s. 327-354). Universitetsforlaget.