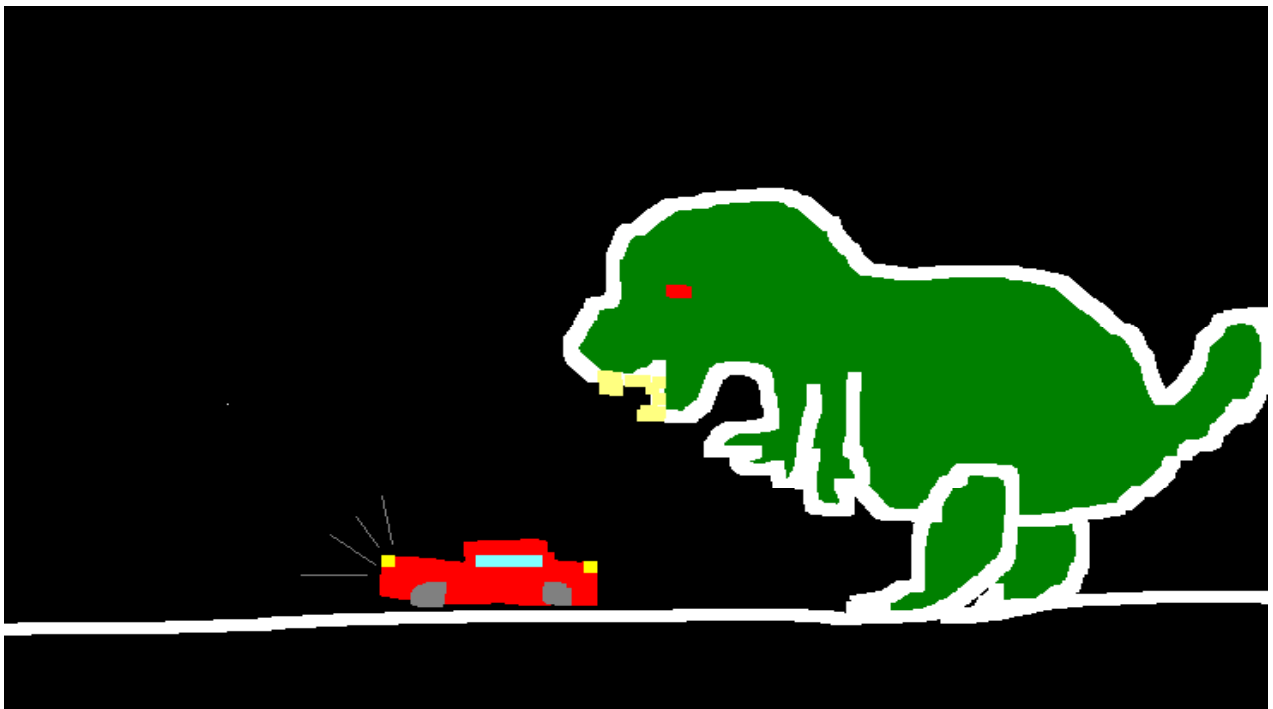


HULLET I DRIVHUSEFFEKTEN

En studie av 15-åringers kunnskap om drivhuseffekt og ozonlag.



Hovedoppgave i realfagdidaktikk

av

Anne Grete Sand

Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo

November 2001

Forord

Ferdig!

Dette har vi venta på så lenge. Som du som leser kanskje har skjønnet, har arbeidet med denne hovedfagsoppgaven tatt litt tid, studiene ble påbegynt høsten 1998, og vi skriver nå november 2001. Men slik går det, når man skal jobbe og få barn underveis. Likevel, nå er oppgaven altså her. Fordelen med at det har tatt så lang tid, er at jeg har kontroll på oppgaven, den er min, jeg har den under huden. I tillegg har jeg underveis kommet i kontakt med mye spennende folk, som arbeider med ting som jeg føler er relevant for meg. Mange av disse har vært til stor hjelp når det gjelder å skaffe stoff og ideer til oppgaven. Mange skulle vært nevnt, men faren for å glemme noen er da til stede, så alle dere som har vært til inspirasjon og hjelp for meg: Tusen hjertelig takk! Kanskje en spesiell takk til Terje Kristensen og Kåre G. Christensen for at jeg fikk være med på Røros våren 1999, jeg følte jeg kom et nivå høyere opp etter det oppholdet!

Det må også sies at det til stadighet dukker opp nye, interessante ting som kunne vært omtalt i oppgaven, men et sted må det settes strek, ellers hadde jeg aldri blitt ferdig.

Arbeidet med en slik hovedoppgave setter i sving hele følelsesspekteret, fra entusiasme og glede, via nysgjerrighet og undring, til sinne og oppgitthet. Nå er jeg bare glad! Glad er jeg også for hjelpa jeg har fått på ILS, spesielt veileder Svein Lie, medveileder Marit Kjærnsli. Og ikke minst Marion Caspersen. Jeg er også takknemlig for velviljen fra Nord-Trøndelagsforskning, som har hatt arbeidsplass til disposisjon for meg, og spennende folk rundt meg, når jeg har bodd 60 mil unna ILS.

Sist går tankene til Roald, som har vært til god hjelp, både faglig og privat, og Erik (6), Martin (4) og Runa (1), som jeg håper blir like interessert i naturfag som jeg er.

November 2001

Anne Grete Sand

Innhold

1. INNLEDNING	4
1.1 BAKGRUNN FOR, OG MÅL MED OPPGAVEN.....	4
1.2 MILJØPROBLEMER, MILJØLÆRE OG MILJØUNDERVISNING	4
1.2.1 Miljøproblemer	5
1.2.2 Miljølære.....	5
1.2.3 Miljøundervisning.....	5
1.3 OPPGAVENS INNHOLD OG OPPBYGGING	7
2. GLOBALE ATMOSFÆRISKE MILJØPROBLEMER	9
2.1 ATMOSFÆREN, SOLA OG STRÅLING.	9
2.2 KLIMA OG DRIVHUSEFFEKT	12
2.3 OZONLAGET	16
3. LEGITIMERING AV MILJØUNDERVISNING	19
3.1 GENERELLE BEGRUNNELSER FOR MILJØUNDERVISNING I SKOLEN	19
3.2 DEMOKRATI SOM ARGUMENT FOR MILJØUNDERVISNING	21
3.2.1 Naturfaglig allmenndannelse.....	21
3.2.2 Demokrati og skolens rolle i påvirkning av elevene	24
3.2.3 Demokrati og handlingskompetanse.....	25
3.2.4 Handlingskompetanse og miljøspørsmål	28
3.3 LÆREPLANER	28
3.3.1 Miljøspørsmål i L97.....	29
3.3.2 Samfunnsfag.....	30
3.3.3 Natur- og miljøfag.....	31
3.3.4 Intervju med Rolf Mikkelsen.....	32
3.3.5 Mønsterplan for grunnskolen (M87).....	33
3.4 OPPSUMMERING	34
4. ELEVERS FORSTÅELSE AV GLOBALE ATMOSFÆRISKE MILJØPROBLEMER	37
4.1 ELEVERS FORSTÅELSE AV DRIVHUSPROBLEMATIKKEN.....	37
4.2 ELEVERS FORSTÅELSE AV OZONLAGSPROBLEMATIKKEN	43
4.2.1 Årsaker til de ulike forestillingene	47

5.	FORSKNINGSPROSJEKT OG METODE.....	51
5.1	PROBLEMFOMULERING	51
5.2	HVA ER PISA?	52
5.2.1	<i>PISA generalprøve og PISA hovedundersøkelse 2000</i>	55
5.3	METODE FOR Å BELYSE MIN PROBLEMSTILLING.	55
5.4	GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN.	57
5.4.1	<i>Utvelging av oppgaver og valg av koder for elevsvar.</i>	57
5.4.2	<i>Generelle forklaringer til kodesystemet.</i>	58
5.5	METODEKRITIKK.....	58
5.5.1	<i>Validitet og reliabilitet</i>	59
6.	RESULTATER.....	61
6.1	HEFTE 1	62
6.1.1	<i>Spørsmål 41 om jordas temperatur</i>	62
6.1.2	<i>Spørsmål 42 om jordas temperatur</i>	64
6.1.3	<i>Spørsmål 56 om mais</i>	67
6.2	HEFTE 2	70
6.2.1	<i>Spørsmål 26 om ozon</i>	71
6.2.2	<i>Spørsmål 31 om ozon</i>	75
6.3	HEFTE 8	77
6.3.1	<i>Spørsmål 4 om busser</i>	77
6.3.2	<i>Spørsmål 5 om klimaforandring</i>	80
6.3.3	<i>Spørsmål 6 om klimaforandring</i>	82
6.3.4	<i>Spørsmål 32 om UV-stråling</i>	84
6.3.5	<i>Spørsmål 33 om UV-stråling</i>	87
6.3.6	<i>Spørsmål 35 om UV-stråling</i>	89
6.3.7	<i>Spørsmål 67 om drivhuseffekten</i>	91
7.	DRØFTING OG KONKLUSJON	95
7.1	OPPSUMMERING OG DRØFTING AV RESULTATER	95
7.2	KONKLUSJON	98
	REFERANSER	101

1. Innledning

I dette kapitlet vil jeg si litt om bakgrunn for og hvilke mål jeg har med denne oppgaven. Videre vil jeg si litt om hva jeg mener med miljøproblemer og miljøundervisning.

1.1 Bakgrunn for, og mål med oppgaven

Årsaken til at jeg ønsket å skrive en hovedoppgave om miljøundervisning, ligger i de fagene jeg har studert tidligere, nemlig biologi og geografi. Jeg mener at miljølæren lettest kan finne grunnlag i disse fagene, eller i deres "paraplyfag" i grunnskolen; samfunnsfag og naturfag, og bør derfor behandles i lys av disse fagene og deres tradisjoner.

Interessen for å se litt nærmere på elevers kunnskaper om de store globale miljøproblemene knyttet til drivhuseffekten og ozonlaget, ble vekt da jeg under min praksisperiode i Praktisk Pedagogisk Utdanning (PPU) oppdaget at elevene så på disse to fenomenene som to sider av samme sak. Jeg vil derfor undersøke om dette er gjeldende i en større sammenheng enn for bare de vel 50 elevene jeg møtte. Det er ikke nok å eventuelt bekrefte at det er sann, man må også se på eventuelle årsaker til dette for å kunne gå inn og endre dette hos elevene. Videre er det viktig å se på årsaker til hvorfor miljøundervisning generelt, og drivhuseffekt og ozonlag spesielt, er opplæringsmål for elevene. Man må se på legitimeringen av disse emnene. Finner man gode argumenter for at elevene skal lære om dette, eller er miljøundervisningen bare et tomt forsøk på å gjøre læreplanene mer "up-to-date"?

Tema og problemstillinger for denne oppgaven blir altså å se på begrunnelser for at miljølære skal integreres i skolens fag (da det ikke er eget fag i læreplanen), og hvorfor drivhuseffekt og ozonlag er to fenomener som bør inngå spesielt. Videre skal jeg se litt på hva elever kan om drivhuseffekt og ozonlag, og hvilke årsaker som kan ligge til grunn for deres kunnskaper. Skoleslaget og klassetrinnet jeg i hovedsak vil konsentrere meg om er grunnskolens 10. klasse. Hovedårsaken til dette er at det er her datamaterialet i generalprøven i PISA (se kap. 5.2) er samlet inn. Andre årsaker er at det er i læreplanen i naturfag for 10. klassetrinn at vi finner kunnskaper om drivhuseffekt og ozonlag som uttalte mål for opplæringen. I tillegg er dette er det siste året med obligatorisk skolegang for elevene, slik at de kunnskaper elevene tilegner seg her, er "de siste" som er felles for alle elever som skal vokse opp og bli aktive samfunnsborgere.

Den overordnede problemstillingen for oppgaven er belyse hvilke problemer har elevene når de skal forsøke å forstå og forklare drivhuseffekten og ozonlaget på grunnlag av gitt informasjon? Denne problemstillingen vil bli nærmere drøftet etter en gjennomgang av relevant teori.

1.2 Miljøproblemer, miljølære og miljøundervisning

Ordet "miljø" vekker mange forskjellige assosiasjoner hos folk, og begrepene miljøproblemer, miljølære og miljøundervisning er vel ikke mer entydige de heller. Derfor er det hensiktsmessig å si litt om hva som ligger i disse begrepene.

1.2.1 Miljøproblemer

Med miljøproblemer mener jeg skader som oppstår på naturen som et resultat av menneskers utnyttelse av denne. Også utsagnet "skader på naturen" trenger en klargjøring. I boka "Miljøundervisning for fremtiden" sier Breiting (1989) noe om dette. Han skiller mellom naturens krise og menneskets krise. Når mennesker påvirker naturen vil det ofte være tjenlig for enkelte arter, men skadelig for andre. Det at artssammensetningen i et område endres vil ikke nødvendigvis være skadelig for naturen i seg selv, slike endringer har foregått siden tidenes morgen uten noen innvirkning fra mennesker. Men det er menneskenes problem at livsgrunnlaget rundt oss endres i stadig økende tempo, og at forholdene i enkelte områder etter hvert blir så ekstreme at bare enkelte typer bakterier kan leve der. Krisen oppstår fordi vi endrer naturen i en retning som ikke er ønskelig. Videre sier Breiting at årsakene til miljøproblemene kan forklares på ulike nivåer. Det kan være biologiske/kjemiske, geografiske, historiske, politiske, økonomiske, etiske eller andre årsaksforklaringer. Disse har alle en verdi for å få forståelse av et problem, og er betegnende for den kompleksitet et miljøproblem omfatter.

Miljøproblemene kan også deles inn i ulike geografiske nivåer, noe som er avgjørende for hvor og hvordan de behandles i ulike instanser. I Norsk klima- og ozonforskning, "De første 10 år", sluttrapport fra forskningsprogram om klima- og ozonspørsmål (1989-1998), Norges Forskningsråd (2000), kan vi i innledningen lese:

Man har lenge vært klar over at menneskelig aktivitet kan påvirke miljøet på jorda. Lokal forurensing fra industri og husoppvarming har vært et problem i mer enn 100 år. I 1970-årene ble man klar over at forurensing kan transporteres over store avstander fra et land til et annet. Det er dette som kalles regional forurensing. Sur nedbør er et eksempel på slik forurensing. Mot slutten av 1980-tallet fikk man en økende bevissthet om at menneskelig aktivitet også kan påvirke miljøet over hele kloden. Utslipp av forurensing ett sted kan skape problemer, ikke bare i nabolandene, men også på den andre siden av kloden. Det er dette vi kaller globale miljøproblemer.

1.2.2 Miljølære

Miljølære inngår ikke i et klart definert fagområde i grunnskolen, men inngår som del av både samfunnsfag og ikke minst natur- og miljøfag. Miljølære vil jeg definere som de rammer miljøundervisning foregår innenfor, det er derfor naturlig å se på begrepet "miljøundervisning" for å definere innholdet i miljølæra.

1.2.3 Miljøundervisning

Breiting (1989, s 11-12) definerer miljøundervisning på denne måten:

"Undervisning, der alsidigt behandler menneskets problematiske forhold til naturgrunnlaget – herunder miljøforringelse, udnyttelse og fordeling af resurser, befolkningsvækst og udryddelse af plante- og dyrearter med henblik på at danne indsigtfulde, handlekraftige borgere."

Det nordiske forsknings samarbeidet om miljøundervisning, MUVIN, utviklet en del prinsipper for miljøundervisningen i 1990-årene (fra beslutningsgrunnlaget i MUVIN fase 1, gjengitt i Christensen og Kristensen 1999, s 25):

"Barna i dag er meget bevisste om de miljøproblemer som truer deres framtid. En miljøundervisning som gjør elevene apatiske og handlingslammede er forfeilet. Un-

dervisningen må i stedet være livsbekreftende og fremme nysgjerrige, bevisste og handlende elever. Målet må være elever som er kritiske til den samfunnsutviklingen som har skjedd, og som vet nok og tør ta de upopulære beslutningene en kursending vil kreve. Miljøundervisning er undervisning om interessekonflikter i nærmiljøet, i storsamfunnet og i global målestokk. Grunnlaget for undervisningen må ligge i en politikk som bygger på økologisk forståelse. Men økologisk forståelse er ikke nok alene. Andre fag som økonomi, jus, samfunnsplanlegging og historie er nødvendige elementer for at det skal skapes en helhetsforståelse og ikke kortsiktige sektorløsninger. Dette er utfordringen i dagens skole. Miljøundervisningen må derfor være tverrfaglig og involvere de fleste fag i skolen”.

Med dette som utgangspunkt ser vi at miljøundervisning krever en bevisst lærer, med gode kunnskaper innen flere fagområder, eller kanskje aller helst, et samarbeid mellom flere lærere, slik at miljøundervisningen blir lagt opp på den tverrfaglige måten som faktisk er nødvendig for å kunne belyse forhold som spiller inn i forhold til de ulike miljøproblemer. Dette er nok fremdeles en ønsketenkning i de fleste skoler i dag også, men bør være et idealmål for gjennomføring av miljøundervisningen. Kortere sagt (Christensen og Kristensen 1999, s 17):

"Miljøundervisningen må lede til en helhetskompetanse slik at vi både vil og kan handle kollektivt og individuelt for å løse verdens miljøproblemer. Det dreier seg i stor grad om å forholde seg til interessekonflikter."

Fra Nasjonalt læremiddelsenter (NLS 1995) foreligger det en Metodisk Veiledning i Miljølære. Formålet med denne er å gi råd, tips og ideer for å nå læreplanmålene. I denne veiledningen finner vi bl.a. en gjennomgang av hvilke krav til kunnskaper og ferdigheter som skal komme til syne gjennom arbeid med temaet miljø. Her står det at miljølære i stor grad handler om menneskenes forhold til naturen, og deres forvaltning av naturressursene, og at en innsikt i egen rolle innenfor forvaltning, både som forbruker og produsent, derfor er viktig. Miljølæren handler om bevissthet og kunnskaper om sammenhengene mellom individ, samfunn og natur. Videre heter det at miljølæra skal gi elevene kunnskap, innsikt og forståelse som setter dem i stand til å handle miljøbevisst. Det pekes ut tre hovedgrupper av momenter som er viktige forutsetninger for å kunne ta riktige valg, nemlig grunnleggende miljøkompetanse, miljøkompetanse knyttet til et bestemt problem og faktorer som forsterker handlingsberedskapen. Grunnleggende miljøkompetanse omhandler etisk bevissthet, naturfaglig og samfunnsfaglig basiskunnskap samt generell miljøbevissthet. Miljøkompetanse knyttet til et bestemt problem tar for seg kunnskap om det aktuelle problemet samt bevissthet og refleksjon om ens egen rolle. Faktorer som forsterker handlingsberedskapen skal gi elevene innsikt i handlingsmuligheter, ferdigheter som er nødvendig for å kunne handle samt en tro på at det nytter.

Videre i den metodiske veiledningen er det beskrevet ulike tilnæringsmåter og undervisningsmåter for å nå de ovennevnte målene, før man kommer inn på ulike eksempler på ideer og opplegg til miljølæra. Det siste kapittelet er en ideoversikt over temaer og problemstillinger som kan være aktuelle å arbeide med. Alt i alt er dette en kjekk liten gjennomgang av målene med miljølære og hvordan disse målene kan nås. Et spørsmål jeg stiller meg er i hvor stor grad lærerne benytter seg av denne veiledningen? For å si noe om dette, kunne det vært gjort en liten undersøkelse blant lærere, men det får eventuelt bli opp til andre. En slik undersøkelse vil i tillegg til å kartlegge bruken i dag, stimulere flere til å bruke veiledningen, da lærerne ville blitt gjort oppmerksom på at den eksisterer og kan være et nyttig hjelpemiddel for hvordan dette tverrfaglige temaet best kan integreres i undervisningen.

1.3 Oppgavens innhold og oppbygging

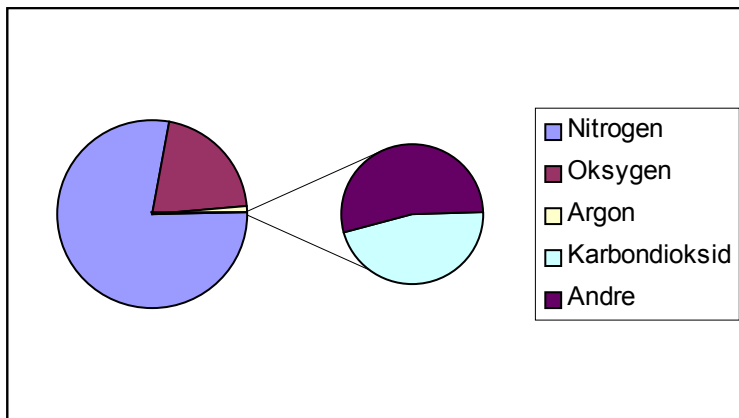
Dette innledningskapitlet følges av tre teorikapitler, hvor det første gir en kort innføring i hva drivhus og ozonlagsproblematikken dreier seg om. I det andre teorikapitlet ser jeg litt på hvilke begrunnelser vi kan finne for at miljøspørsmål skal være en integrert del av undervisningen i skolen. Det tredje teorikapitlet tar for seg resultater fra forskningsrapporter som på ulike måter har tatt for seg elevenes kunnskaper om drivhuseffekt og ozonlag. Etter dette følger et metodekapittel, som innleder med en problemformulering for mitt forskningsspørsmål, før jeg sier litt om forskningsmetoden i PISA prosjektet, og videre om hvilke metoder jeg benytter for å belyse mitt forskningsspørsmål. Videre presenteres resultater fra undersøkelsen, før jeg til slutt prøver å trekke det hele sammen i et avslutningskapittel.

2. Globale atmosfæriske miljøproblemer

Globale atmosfæriske miljøproblemer påvirker atmosfæren rundt hele kloden vår, og omfatter økning i drivhuseffekt og nedbryting av ozonlag. Norge har vært tidlig ute med forskningsprogram omkring klima- og ozonspørsmål, med start i 1989. Det foreligger nå et sammendrag av de første ti årene (Norges Forskningsråd 2000) som anbefales for en oppdatering av hva som har skjedd på området, og hvordan man oppfatter situasjonen i dag. Før vi går nærmere inn på disse globale miljøproblemene, gjøres det rede for atmosfærens sammensetning, solas virkemåte og egenskaper ved elektromagnetisk stråling. Sentrale kilder for dette kapitlet er Norges Forskningsråd (2000), Brekke og Engvold (1998), Egeland et al (1997), Henriksen et al (1997) samt Strahler (1989).

2.1 Atmosfæren, sola og stråling.

Atmosfæren er et forholdsvis tynt dekke av luft, støv og vanndamp rundt jorda, som blir tynnere og tynnere utover flere hundre kilometer fra jorda, men 99 % av atmosfærens masse er innenfor de nederste 100 km. Ettersom mengden av vanndamp i atmosfæren er svært varierende¹, tar man utgangspunkt i en tørr atmosfære når en skal angi mengden av de ulike gassene som atmosfæren er sammensatt av. Nitrogen er definitivt den gassen det finnes mest av, ca. 78 % av atmosfæren består av denne gassen, som en god nummer to finner vi oksygen med ca. 21 %, mens argon står for 0,93 %. De resterende 0,05 % utgjøres av en lang rekke andre gasser; karbondioksid (CO₂) som utgjør ca 0,035 %, i tillegg til svært små mengder neon, helium, metan, krypton og hydrogen, se fig 1.



Figur 1. Fordeling av ulike gasser i atmosfæren.

I en av oppgavene i TIMSS-undersøkelsen fra 1995 (Kjærnsli et al. 1999) fant man at svært mange av elevene trodde at oksygen var den gassen det er mest av i luft. Fordelingen av svar var som vist i tabell 1. Klassebenevnelsene er tilpasset klassetrinnene etter reform -97.

¹ Vanndamp finnes kun i de nederste 10 km av atmosfæren, troposfæren.

Tabell 1. Elevers oppfatning av hvilken gass det er mest av i luft.

Alternativ / Klassestrinn	7. kl.	8. kl	9. kl
Nitrogen	4	28	21
Oksygen	79	54	58
Karbondioksid	11	10	13
Hydrogen	4	7	7
Ikke svart	3	2	1

Forskning har vist at elever ser på luft og oksygen som det samme, og de har liten kjennskap til nitrogengass.

Atmosfæren deles inn i ulike soner, nederst, fra 0 til ca 10 km over havet finner vi troposfæren. Her synker temperaturen jevnt med økende høyde. Det er her været dannes. Over troposfæren finner vi et lite lag, kalt tropospausen, her er temperaturen tilnærmet konstant. Over tropospausen kommer stratosfæren, den strekker seg fra ca 10 til 40 km over havet. Her øker temperaturen sakte med økende høyde. Det er i stratosfæren vi finner ozonlaget, det er altså her konsentrasjonen av ozon er størst.

Sola er ei stjerne som består av 75 % hydrogen og 25 % helium². I solas sentrum er temperaturen ca 15 millioner grader og med et enormt trykk. Sola, som er en gasskule, består av en rekke lag der det er en gradvis overgang fra kjernen og ut til det tomme verdensrommet. Utenfor solas kjerne, strålingssone og konveksjonssone finnes solas "atmosfære". Innerst har vi fotosfæren, det er denne vi ser som en lysende solskive, her er temperaturen 5-6000 grader. Utenfor finner vi kromosfæren, her er temperaturen mellom 4300 grader og opp til 10 000 grader ytterst, mot det som kalles overgangssonen, hvor temperaturen øker dramatisk. Ytterst finner vi koronaen, her dannes bl.a. ultrafiolette stråler (UV-stråler) og røntgenstråler. Temperaturen i koronaen er ca 1 million grader. Sola oppfører seg ikke likt bestandig, den såkalte solaktiviteten er varierende. Strålingen varierer i sammensetning og intensitet, koronaens form endrer seg, og solflekkaktiviteten³ varierer. Dette er variasjoner som henger sammen med solas magnetfelt, og har stort sett en periode på 11 år.

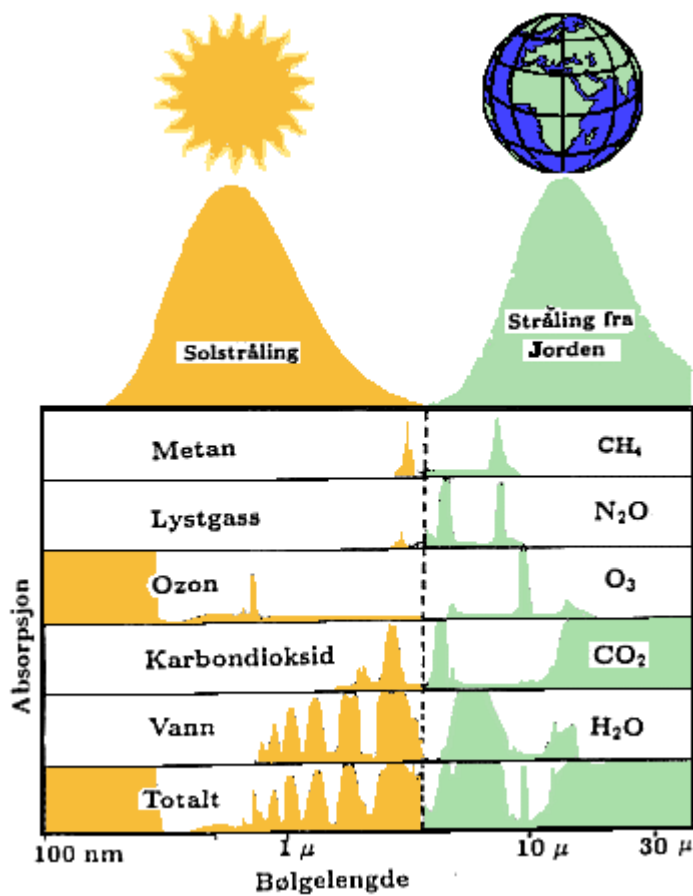
Sola sender ut ulike typer stråling som med et felles navn kalles elektromagnetisk stråling. Dette er en bølgebevegelse som transporterer elektrisk og magnetisk energi. Det elektromagnetiske strålingsspekteret defineres på bakgrunn av strålenes bølgelengde. Stråling med kortest bølgelengde er den mest energirike, med gammastråler som de aller mest energirike. Røntgenstråler er også kortbølgede og inneholder mye energi. Sola har et bredt strålingsspekter, men er mest intens mellom 300 og 1000 nm, mens jorda sin stråling⁴ er mest intens mellom 10 000 nm og 30 000 nm, altså er strålingen fra jorda mye mindre energirik enn solas stråling. Hvis vi ser på den aktuelle delen av det elektromagnetiske spekter, kalles strålingen mellom 100 – 400 nm for UV-stråling, mellom 400 – 750 nm finner vi synlig lys, og

² Dette er vektprosent. Hvis vi ser på antall atomkjerner er forholdet ca. 92 % hydrogen og 8 % helium.

³ Solflekker ses som små mørke "blemmer" på soloverflaten. De er mørke fordi temperaturen her er omkring 1500 grader lavere enn resten. Antall solflekker varierer fra dag til dag, men antallet øker og minker også med en periode på ca 11 år. Når det er mange solflekker er det generelt stor solaktivitet.

⁴ Alle gjenstander på jorda og i verdensrommet sender ut og mottar stråling hele tiden.

stråling over 750 nm kalles infrarød stråling, eller varmestråling. Hvis vi sammenligner denne skalaen med bølgelengdene for solas og jordas stråling, finner vi at strålene fra sola inneholder både UV-stråling, synlig lys og infrarød varmestråling, mens strålingen fra jorda består av varmestråling som er mye mindre energirik enn solas varmestråling. Wiens lov sier at frekvensen for strålingens maks-intensitet øker proporsjonalt (bølgelengden øker omvendt proporsjonalt) med temperaturen. Lettere sagt: Ved relativt lav temperatur vil et objekt bare sende ut infrarød stråling. Etter hvert som temperaturen stiger på objektet, blir det kortere bølgelengde på den utsendte elektromagnetiske strålingen. I figur 2 ser vi hvor på strålingspekteret solas og jordas stråling er mest intens. I tillegg er det en oversikt over hva slags bølgelengder av strålingen ulike gasser i atmosfæren absorberer.



Figur 2: Stråling fra sola og jorda, samt absorpsjon av stråling for ulike gasser i atmosfæren (kilde: Henriksen et. al 1997, http://www.uio.no/miljoforum/stral/t1/driv_eff.shtml).

Øverst ser vi hvordan strålingen fra jorda og sola fordeler seg på ulike bølgelengder. Nedre del av figuren viser hvordan de ulike gassene absorberer stråling. Aller nederst er vist den samlede absorpsjonen til klimagassene. Absorpsjonen er relativt liten der solstrålingen er mest intens, mens den er stor for varmestrålingen fra jorda. En annen kilde for oppdatering om klimaforskningen er CICERO, Senter for klimaforskning i Oslo. Webadressen hit er: <http://www.cicero.uio.no>.

2.2 Klima og drivhuseffekt

Klima er et generelt uttrykk for varige værtilstander på et sted, og er basert på målinger over en lang periode og inkluderer middelverdier, avvik fra disse og sannsynligheter for disse avvikene (Strahler og Strahler 1989). Klimaet styres av en rekke faktorer, som kan deles i indre og ytre (Norges Forskningsråd 2000). Ytre faktorer som påvirker klimaet er f.eks. endringer i solinnstrålingen pga. periodiske endringer i jordbanen og solflekkaktivitet, samt meteoritter. Interne faktorer er både menneskeskapte og naturlige indre fenomener. Et viktig menneskeskapt fenomen er utslipp av klimagasser. Naturlige indre faktorer kan f. eks. være vulkanisme, kontinentaldrift og corioliseffekten⁵. Dette påvirker interne reaksjoner og tilbakekoblingsmekanismer (feedback⁶) slik som endringer i havstrømmer og vindstrømmer, endring i produksjonsmønster, dannelse av skydekke, endring i utbredelse av sjøis og snødekke og herav jordens refleksjonsevne (albedo⁷) og endring i vegetasjonsmønster.

En del av de gassene vi finner i atmosfæren utgjør, sammen med vanddamp, det vi kaller drivhusgassene eller klimagassene. De vanligste drivhusgassene er karbondioksid, karbonmonoksid, metan, nitrogendioksid, lystgass, ozon og KFK-gasser. Dette er gasser som slipper igjennom kortbølget stråling fra sola, men som absorberer den langbølgede varmestrålingen fra jorda. Alle gasser kan absorbere stråling, i figur 2 ser vi absorpsjonsspektre for ulike klimagasser. Det betyr at de tar opp energien i strålingen og bruker den til kjemiske reaksjoner eller til å danne varme. Drivhusgassene er en forutsetning for livet på jorda, uten disse ville gjennomsnittstemperaturen vært -18°C , og ikke 15°C som den er i dag. De ulike gassene har forskjellig oppvarmingseffekt og levetid i atmosfæren. For lettere å kunne sammenligne de ulike drivhusgassene har man laget en målestokk kalt globalt oppvarmingspotensial (GWP) eller klimafaktor. GWP-verdien angir akkumulert oppvarmingseffekt i forhold til CO_2 over et valgt tidsrom. Et lite utslipp av en gass med høy GWP-verdi kan bety vel så mye som et stort utslipp av en gass med lav GWP-verdi. Dette er et nyttig verktøy for å vurdere utslippsreduksjon av ulike gasser i forhold til kostnader. Det er likevel ikke et fullkomment verktøy, bl.a. fordi man ikke vet hva som er verst: Kortsiktig eller langsiktig klimaeffekt. I tabell 2 ser vi en oversikt over ulike gassers GWP over en tidshorisont på hhv. 20, 100 og 500 år.

⁵ Corioliseffekten er effekten av jordas rotasjon, som gjør at bevegelsen til et objekt eller væske snus i retning mot høyre på nordlige halvkule og venstre på sørlige halvkule (Strahler og Strahler 1989). Mange tror at dette kan observeres ved å se på hvilken vei vannet renner ut igjennom en sluk på de to halvkulene, dette dementeres i Illustrert Vitenskap 16/2000. Her kan vi lese at corioliskraften er meget svak og derfor kun har synlig virkning på store systemer som beveger seg langsomt (f.eks. havstrømmer). Den veien vannet roterer ut av f.eks. et badekar avhenger av andre faktorer som avløpets utforming og bevegelsen i vannet i utgangspunktet.

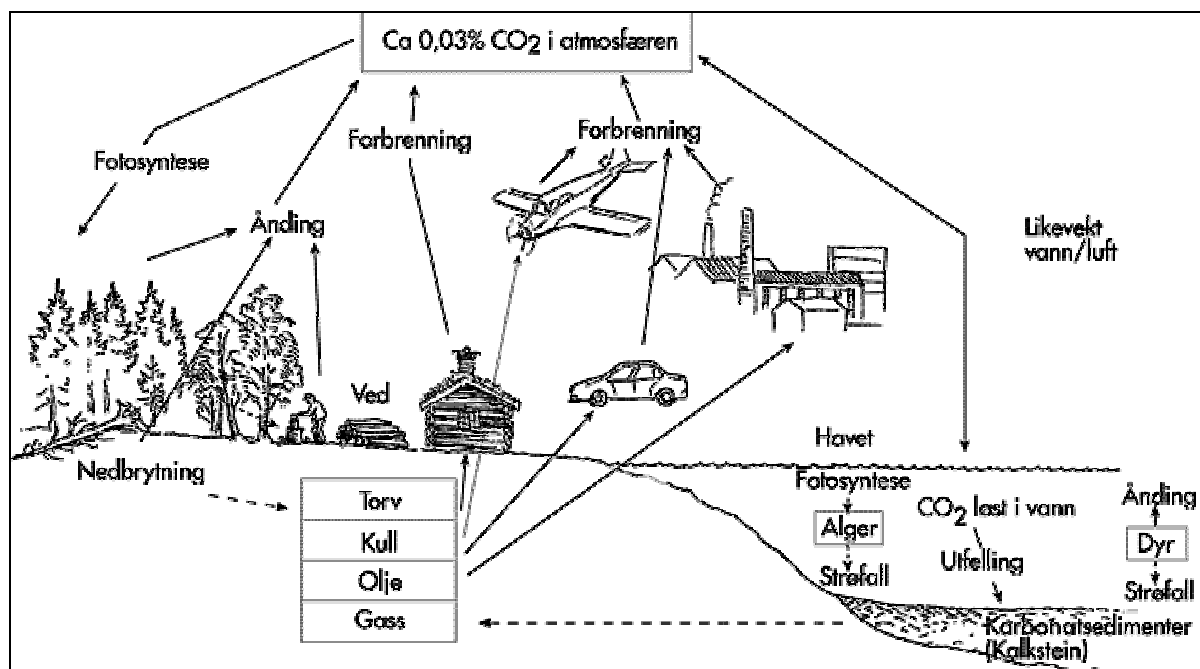
⁶ Feedback er en kontrollmekanisme hvor en påvirkning som er startet av enten et kjemisk eller fysisk stimuli, direkte eller indirekte øker (positiv feedback) eller reduserer (negativ feedback) stimuliet.

⁷ Albedo er den prosentvise elektromagnetiske energi som reflekteres fra en overflate. En overflate som reflekterer 40 % av innstrålingen har en albedo på 40. Albedoen til is og snø er på 45 – 85, vannoverflaten 2, for åker, skoger og barmark mellom 3 og 25.

Tabell 2: GWP for utvalgte gasser med tidshorisont på 20, 100 og 500 år (kilde: SFT 1997).

	Globalt oppvarmingspotensiale (GWP)			
	Levetid i atmosfæren (år)	20 år	100 år	500 år
CO ₂	50-200	1	1	1
CH ₄	12	56	21	6,5
N ₂ O	120	280	310	170
CF ₄	50 000	4 400	6 500	10 000
C ₂ F ₆	10 000	6 200	9 200	14 000
SF ₆	3 200	16 300	23 900	34 900

Jordas klima er i konstant endring, og denne endringen skjer på mange forskjellige tidsskalaer, fra noen tiår til hundretusener og millioner av år. Målinger viser at middeltemperaturen på jorda har steget med 0,3 til 0,6 grader de siste 100 årene. Det er vanskelig å være sikker på hvilken rolle menneskene spiller for den observerte temperaturøkningen, da klimaet forandrer seg også uten menneskenes medvirkning. Karbondioksid er den gassen som det er rettet størst fokus mot, selv om GWP for de andre gassene er større. Årsaken til dette er at utslippsmengdene av CO₂ er mye større enn for de andre gassene. Og det er klart at mengden av karbondioksid har økt etter den industrielle revolusjon, men menneskene står for bare 3 – 4 % av den totale mengden av CO₂-utslipp. CO₂ er en naturlig klimagass, som inngår i karbonets kretsløp, se figur 3.



Figur 3: Karbonets kretsløp (kilde: <http://www.skogkurs.no/lms/kongleposten/kp12/co2.html>)

Det er bare en liten del av den totale karbonmengden som finnes i atmosfæren. Havet inneholder 7,5 ganger mer karbon enn atmosfæren og landjorda til sammen. Opptak og frigjøring

av CO₂ i havene er avhengig av temperatur. En økning i havets temperatur som følge av global oppvarming, kan føre til mindre opptak og mer frigjøring av CO₂ fra havene. Trær og planter tar også opp CO₂ under fotosyntesen, og binder på denne måten karbon. I karbonkretsløpet utveksles naturlig hvert år ca 200 milliarder tonn karbon mellom vegetasjon, jord og hav på den ene siden og atmosfæren på den andre. De menneskelige utslippene, som kommer i tillegg til den naturlige utvekslingen, skjer når tropeskoger hugges ned og når det brennes fossilt brensel. De menneskeskapte utslippene utgjør ca 7 milliarder tonn karbon.

Metankonsentrasjonen (CH₄) har blitt mer enn fordoblet fra 1750 til 1995. Metanutslippene kommer i hovedsak fra husdyrhold, rismarker, søppelfyllinger, produksjon og transport av naturgass og utvinning av kull. Også lystgasskonsentrasjonen (N₂O) har økt i dette tidsrommet. Disse utslippene skyldes mikrobiologisk aktivitet i jordsmonnet. En kilde er produksjon og bruk av kunstgjødsel, en annen kilde er fossile brensler. Klor og fluorforbindelsene, KFK- og HKFK-gassene, er utelukkende menneskeskapte, og er kraftige drivhusgasser, men deres netto bidrag til drivhuseffekten er liten fordi de bryter ned ozon, som også er en drivhusgass, og fordi de finnes i svært små mengder. Bruken av KFK-gasser trappes kraftig ned, og skal etter hvert opphøre fullstendig. I en rekke land, deriblant Norge, er bruk av KFK nå forbudt. De nye HKFK gassene, hydrofluorkarboner, som erstatter KFK i enkelte produkter, kan bli en viktig drivhusgass, se mer om dette under avsnittet "Ozonlaget". Ozon i stratosfæren er en naturlig drivhusgass, men lokal forurensing bidrar til dannelse av ozon nær bakken. Dette kan derfor også regnes med til de menneskeskapte drivhusgassene. Noen fluorholdige gasser, som SF₆, CF₄ og C₂F₆ er svært sterke drivhusgasser, disse kan oppholde seg i atmosfæren i flere tusen år. Disse slippes ut ved produksjon av aluminium og magnesium.

Den viktigste drivhusgassen er vanndamp, konsentrasjonen av vanndamp i atmosfæren kan vi ikke påvirke direkte, men høyere temperatur vil videre øke vanndampinnholdet, som igjen vil forsterke drivhuseffekten.

Skyene er viktige faktorer for atmosfærens varmebudsjett. De absorberer infrarød stråling fra jorda, og bidrar altså til heving av temperaturen, men de hindrer også solstråling i å komme ned til bakken, noe som har en avkjølende effekt. Satellittdata har vist at skyene de siste årene har stått for en svak avkjøling globalt sett. I troposfæren svever det partikler av ulik størrelse, disse kommer bl. a. fra forbrenning av fossilt brensel. Disse partiklene reflekterer og absorberer solstråling og de danner kjerner for dannelse av skydråper. Utslipp av SO₂ ved forbrenning av fossile brensler har trolig ført til en avkjøling som delvis har motvirket oppvarmingen fra drivhusgassene. Modellberegninger har vist at fortsatt utslipp av drivhusgasser vil føre til en økning av jordens middeltemperatur på 1,4– 5,8°C fra 1990 til 2100. Dette er en økning som er omtrent så rask som de raskeste naturlige klimaendringer vi kjenner til.

Pål Brekke og Oddbjørn Engvold fra Institutt for teoretisk astrofysikk ved Universitetet i Oslo hevder i et innlegg i Apollon 3/98 at det internasjonale klimapanelet (IPCC⁸) undervurderer solas rolle som klima-påvirker på jorden (Brekke og Engvold 1998). Sola er energikilden til alt liv på jorden, det er den som driver værsystemer, opprettholder havstrømmer og påvirker sannsynligvis den globale skymengden. Måleresultater kan tyde på at solas variab-

⁸ IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change ble opprettet av Verdens Meteorologiske Organisasjon (WMO) og FN's miljøprogram (UNEP) i 1988. De skal gi faglige vurderinger og sammendrag av den nyeste klimaforskningen. Klimapanelets rapporter bygger på publiserte artikler fra over 2000 klimaforskere over hele verden. IPCC blir kritisert for at deres klimamodeller ikke tar med alle relevante effekter. De tar ikke hensyn til effekter fra solas aktivitet (Brekke og Engvold), og det hevdes at modellene på langt nær makter å ta hensyn til de mange kompliserte prosesser som er/kan være/bli følge av endringer i klimaet.

le aktivitetsnivå virker som en "av-og-på" bryter for skylaget rundt jorden, som igjen virker på energiinnstrålingen til bakken, og kan bidra vesentlig til en global oppvarming. I samme artikkel stilles det også spørsmålsteget ved om det faktisk finnes en global oppvarming. De påpeker at IPCC baserer seg på målinger av bakketemperatur, og at målestasjonene ligger nær tett befolkede områder. Her hvor temperaturstigningen kan være et resultat av økt urbanisering. Målinger fra satellitt og ballonger viser at temperaturen i nedre troposfære er svakt nedadgående. Mot disse målingene kan det innvendes vanskeligheter med kalibrering av instrumenter, samt at tap av høyde for måleinstrumentene kan påvirke resultatene. Disse resultatene kan enten tyde på at det ikke eksisterer noen vesentlig global oppvarming, eller så er koplingen mellom bakke- og atmosfæretemperatur svært kompleks, noe som igjen ikke blir fanget opp i klimamodellene.

Vi er her inne på en vesentlig side ved klimadebatten: Skyldes de vær-endringer vi nå kan observere (f.eks. regnværet på Østlandet høsten 2000), menneskeskapt utslipp av klimagasser, eller er det en naturlig klimaendring på gang? Det er vanskelig å si sikkert, men det at forskerne er uenige er ikke nødvendigvis en svakhet. På denne måten får man sannsynligvis belyst de fleste aktuelle årsaker til klimaendringene.

Verdenssamfunnet tar også klimaendringene på alvor, men fordi det vil ha stor innvirkning på menneskers dagligliv, er det vanskelig å komme frem til enighet om avtaler for å redusere utslippene av klimagasser. I 1997 ble den såkalte Kyoto-protokollen utarbeidet, og det var meningen at denne skulle undertegnes i Haag høsten 2000. Disse forhandlingene havarerte dessverre, nettopp på grunn av uenigheter om hvert enkelt lands bidrag til å redusere utslippene, men man håper fremdeles å komme til enighet om en avtale, slik at utslippene av klimagasser kan reduseres. Sommeren 2001 ble det gjennomført nye klimaforhandlinger i Bonn, hvor Kyotoprotokollen ble reddet, men i en svekket versjon. USA, som er det største utslippslandet, deltar f.eks. ikke lenger i samarbeidet, og regelverket er endret for å få med land som Japan og Russland. Etter neste partskonferanse i oktober/november 2001, er det et håp fra mange land at Kyotoprotokollen kan ratifiseres og tre i kraft fra år 2002.⁹

En økning i den globale gjennomsnittstemperaturen vil få store økologiske og økonomiske virkninger. Det er vanskelig å si hvordan klimaendringene vil slå ut i ulike deler av verden, men en økt global gjennomsnittstemperatur vil ikke nødvendigvis si at det blir varmere over alt. Enkelte steder kan bli varmere, enkelte kaldere, som f.eks. Norge. Man antar at klimaendringene vil føre til endringer i havenes sirkulasjonssystem, som igjen kommer til å virke inn på Golfstrømmen, som virker som en enorm varmekabel, og som gjør at vi i dag har ca 10° C varmere temperatur i Norge enn andre områder på samme breddegrader. Man vil sannsynligvis oppleve mer ekstrem-vær kloden over. Endringer i landbruk og havbruk blir noen av konsekvensene, samt en endring i det biologiske mangfoldet. Andre konsekvenser kan være spredning av tropiske sykdommer og økt havnivå som bl.a. kan oversvømme urbane områder, jordbruksområder og drikkevannskilder. Dette er bare noen av de antatte konsekvensene en klimaendring kan føre med seg.

Klimadebatten har igjen blitt aktuell i nyhetsbildet, og media er derfor en viktig kilde til informasjon om dette temaet.

⁹ For mer informasjon om Kyoto-protokollen vises til Miljøverndepartementets nettsider: <http://www.odin.dep.no/md>

2.3 Ozonlaget

Ozon (O_3) dannes i atmosfæren når solstråling bryter bindingene mellom oksygenmolekyler (O_2) og disse oksygenatomene reagerer med nye oksygenmolekyler. Ozonlaget er jordas naturlige vern mot UV-stråling fra sola da det absorberer all stråling med bølgelengde kortere enn 290 nm, og mye av strålingen mellom 290 og 320 nm, som kalles UVB, og er den strålingen som gjør oss solbrente. Det skilles mellom tre typer UV stråling, UVA med en bølgelengde på 320 – 400 nm, UVB, som er omtalt over, og UVC med bølgelengde på 200 – 280 nm. Ozon er utbredt i hele atmosfæren, men har størst konsentrasjon i 15 – 25 kilometers høyde over jordoverflata, i tillegg til at konsentrasjonen nede ved bakken er forholdsvis høy. Ozon ved bakken dannes ved at nitrogenoksider (NO_x -gasser) spaltes av UV-stråling og reagerer med O_2 i lufta slik at det dannes O_3 . Ozongassen har skadelig effekt på planter, dyr og mennesker ved direkte kontakt, det kan bl.a. gi skader på lungevevet, i tillegg til at det fungerer som en drivhusgass. Derfor er ozon ved bakken et miljøproblem, mens ozon i stratosfæren er en nødvendighet.¹⁰

Begrepet ”ozonhull” viser til den kraftige reduksjonen i ozon som finner sted hvert år i september-november over Antarktis, dette årlige fenomenet ble oppdaget i 1985. Man ser også uttynning av ozonlaget i nordlige bredder, og spesielt i polare områder. Årsaken til at nedbrytingen er størst i Antarktis er at det på slutten av vinteren her (september – november) er lave temperaturer og solskinn, som gjennom dannelse av polare stratosfæriske skyer fremmer nedbrytingen av ozon. Også ved midlere breddegrader har det vært en mer eller mindre nedgang i ozonlagets tykkelse de siste 15-20 år. f.eks. over Oslo har ozonlaget blitt ca. 15 % tynnere mellom 1979-1997.

Mengden ozon over ethvert gitt sted varierer kontinuerlig som et resultat av luftstrømmer og balansen mellom dannelse og nedbryting av ozon. Ozonmolekylene brytes ned av solstråling, dette er en fysisk nedbryting. Det er UV-strålene som bryter bindingen mellom ozonmolekylene: $O_3 + \text{sollys} = O + O_2$. Oksygenatomet kan reagere med oksygen (O_2), og danne ozon igjen, dette gir ingen nedbryting. men oksygenet kan også reagere med ozon på følgende måte: $O + O_3 = 2O_2$. Slik at to ozonmolekyler blir til tre oksygenmolekyler. I tillegg foregår det en kjemisk nedbryting av ozon, som katalyseres av stoffer som NO, NO_2 , HO, HO_2 , Cl og Br, reaktive stoffer som kalles radikaler. Det at disse stoffene virker som katalysatorer vil si at de ikke brukes opp i nedbrytingen av ozon, men at de kan virke inn på nedbrytingen av svært mange ozonmolekyler. Mange av disse stoffene har et naturlig utgangspunkt, mens en del av dem skyldes menneskeskapt utslipp. Stoffene som har skapt størst interesse i så måte, er KFK-gassene. Dette er menneskeskapt gasser som er bygd opp av klor, fluor og karbon. KFK-gassene er svært stabile forbindelser, og kan oppholde seg i atmosfæren i flere tiår. Haloner inneholder brom og brukes bl.a. i brannslukningsapparater. De virker på samme måte som KFK-gasser. HKFK-gassene erstatter KFK-gassene. Disse stoffene er mer reaktive enn KFK slik at de lettere brytes ned i troposfæren. Likevel greier en liten del av disse å nå opp til stratosfæren. HKFK er derfor bare en midlertidig erstatning for KFK.

UV strålingen som kommer ned til jorda er med å gjør oss brune, eller til og med solbrente og de fremmer produksjon av vitamin D i huden. For mye UV-stråling kan føre til hudkreft og øyeskader. Man er også bekymret for UV-strålingens effekt på marine økosystemer. UV

¹⁰ Ozonet her er like skadelig, men ettersom planter, dyr og mennesker ikke befinner seg i stratosfæren er ikke dette noe problem.

kan gå flere meter gjennom vannet og har en dokumentert skadelig effekt på planteplankton, små reker og larver. Dette er organismer som danner basis for de marine næringsnettene.

Det internasjonale samfunnet reagerte raskt da man skjønnte at KFK-gasser og haloner var årsak til ozonnedbrytingen. Etter mange forhandlinger, med utgangspunkt i Wien-konvensjonen fra 1985 og Montreal-protokollen fra 1987, sist skjerpet i 1997, er landene nå enige om følgende for KFK og haloner:

- KFK: Total utfasing av produksjon og bruk innen 01.01.1996
- Haloner: Total utfasing av produksjon og bruk innen 01.01.1994
- HKFK: Utfasing innen 2020, med en liten "hale" (0,5 %) til 2030

Dette er regler for de industrialiserte landene, for utviklingslandene gjelder overgangsordninger. Det er vanskelig å spå hvordan fremtiden vil bli, men man er nokså sikre på at Montreal-protokollen vil sørge for at ozonlaget er reddet på lang sikt. Hva som imidlertid skjer i mellomtiden, mens disse katalysatorene fremdeles befinner seg i atmosfæren, samt en rekke andre usikkerhetsfaktorer som f. eks temperatur, vanndamp, sirkulasjonsmønstre og vulkanutbrudd virker inn, vet man ikke sikkert. Men man må sannsynligvis regne med en betydelig ozonuttytning frem mot 2020.

3. Legitimering av miljøundervisning

Når vi skal argumentere for at ulike fag og emner skal undervises i skolen, må vi se på hvilken nytte dette har for alle elever, ikke bare de elever som får direkte bruk for dette i jobb eller videre studier. Dette kaller jeg de generelle eller allmenne begrunnelser. Videre, når det skal lages læreplaner, må man ta utgangspunkt i disse begrunnelsene for å omsette dette til mål for opplæringen. Jeg vil først se på hvilke generelle begrunnelser som finnes for at alle elever skal lære om miljøspørsmål. Etterpå vil jeg se på hvordan dette behandles av læreplanens generelle del, samt enkelte fagplaner. For å få en bedre forståelse av noe av innholdet i fagplanene, har jeg intervjuet en person som var med på arbeidet med å utforme de nye læreplanene i L97.

3.1 Generelle begrunnelser for miljøundervisning i skolen

Svein Sjøberg (1998) stiller spørsmålet om hvorfor alle skal lære naturfag, og ser videre på ulike argumenter for dette. Jeg vil her ta utgangspunkt i disse for å drøfte hvorfor alle skal ha miljøundervisning. Han skiller ut fire argumenter for naturfagundervisning i skolen, disse er:

- Økonomiargumentet
- Nytteargumentet
- Demokratiargumentet
- Kulturargumentet

Det første punktet går ut på at naturfaglig kunnskap er lønnsomt rent økonomisk. Her har vi både en samfunnsmessig side og en personlig side. Det samfunnsøkonomiske argumentet går på dette at skolen skal kvalifisere de unge for å delta i produksjons- og arbeidslivet, og utvikle kompetansen for flertallet av et lands arbeidsstokk. I forhold til miljøundervisningen kan vi si at kunnskaper om prosesser i naturen og forståelse for at det i en del tilfeller er vanskelig å forutsi hvilke følger ulike inngrep kan få, er viktig fra et økonomisk ståsted. Det er på mange måter billigere å la god kunnskap ligge til grunn for avgjørelser i saker som innebærer inngrep i naturen, enn å måtte betale for opprydding og rensing etterpå. Et godt eksempel på en slik sak, hvor forkunnskap og forarbeid var for dårlig, er byggingen av den 13,8 km lange Romeriksporten i Oslo/Akershus, hvor budsjettoverskridelsene kom opp i astronomiske summer som følge av grunnvannssenkning i Østmarkområdet. Se f. eks St.prp. nr 39 og 40 (1997/1998). Her kan vi nevne føre-var-prinsippet, som understreker at tvil skal komme naturen til gode. Utslipp betraktes som skadelig inntil det motsatte er bevist. Utnytting av en ikke fornybar ressurs bør i utgangspunktet betraktes som ikke bærekraftig. Likevel er ikke dette et godt nok argument for at alle skal lære om miljøproblemer og økologiske sammenhenger, men det er mange som vil komme opp i situasjoner i arbeidslivet hvor slike økonomiske overveielser på bakgrunn av eventuelle konsekvenser for miljøet må tas, ikke minst økonomer, men Sjøberg sier at det er tvilsomt om elever vil velge slike fag av hensyn til hva samfunnet kan ha nytte av (Sjøberg 1998, s. 166).

Personlig lønnsomhet går på dette med at kunnskaper innenfor naturvitenskap skal kvalifisere elevene for jobber som er godt betalt, noe som ikke stemmer spesielt godt i dag. Dette er nok også riktig for jobber som omhandler miljøspørsmål. Sjøberg konkluderer med at det

ikke er en entydig positiv sammenheng mellom utdanning i naturvitenskap og økonomi, og dette kan vi nok si også gjelder for miljøundervisning.

Det andre punktet er et argument for at naturfaglig kunnskap og ferdigheter er en hjelp for å mestre dagliglivet. Dette kan til en viss grad stemme for naturfag, og ikke minst for teknologi¹¹ Når det gjelder kunnskaper om miljøproblemer er dette nyttige kunnskaper for å handle miljøvennlig på det personlige plan. Søppelsortering er på full fart inn i alle norske hjem, det samme gjelder enøk-tiltak (energiøkonomisering). Dette er aktiviteter som ikke er tidsbesparende, og heller ikke nødvendigvis økonomibesparende. For at dette skal gi mening for folk flest, er det viktig at de kjenner til årsaker og virkninger av gjennomføringen av slike tiltak. Når det gjelder enøk-tiltak, skal disse i utgangspunktet gjøre at folk også sparer penger i tillegg til at energiforbruket reduseres. Problemet kan være at den økonomiske gevinsten ikke er stor nok i forhold til egeninnsatsen som er nødvendig på dette området.

Hvis vi beveger oss over til det tredje punktet, demokratiargumentet, er essensen at naturfaglig kompetanse er en nødvendig ballast for folk flest for at demokratiet skal fungere. For at demokratiet skal fungere må man forstå ulike problemstillinger og kunne skille mellom god og dårlig argumentasjon. Dette er dermed et svært godt argument for at alle skal lære naturfag i skolen, og ikke minst for en allmenn miljøundervisning, da dagens miljøproblemer i stor grad må løses via politiske og demokratiske instanser. Jeg vil derfor komme nærmere tilbake til dette.

Sjøbergs siste argument for naturfag i skolen er kulturargumentet. Naturfag er et av menneskenes viktigste kulturprodukter, og skolen bør gi elevene kjennskap til de mange formene for menneskelig kultur og erkjennelse. Skolen har også en oppgave i å reprodusere de kunnskaper og verdier som står sentralt i vår kultur. Sjøberg mener også at dette er et godt argument for naturfag i skolen. Dagens miljøproblemer må ses i lys av tidligere tiders utnyttning av naturen og forståelse for at denne virksomheten har vært en del av ulike kulturers virke for å skaffe det nødvendige for livets opphold. Også dagens utnyttelse av naturressursene er betinget av ulike kulturers "vaner" og behov. I tillegg kan Norges rolle innenfor drøftingen av ulike miljøspørsmål, dekkes av kulturargumentet. Det har vært en del av vårt lands kultur å drøfte disse spørsmålene. Man har likt å kalle Norge et foregangsland i miljøsaker, selv om en del mennesker etter hvert provoseres av dette utsagnet. Her i landet har vi mye natur som vi ønsker å bevare, dette kan være en årsak til at mange blir bevisste på hvilke skader som kan oppstå på naturen på grunn av menneskelig påvirkning, enn i land som er sterkere preget av urbanisering. I slike land derimot, kan nok knapphet på ressurser som ren luft og rent vann være pådrivere i miljødebatten. Norge har også vært langt fremme i forskning på ulike miljøproblemer, som f.eks. økning i drivhuseffekt og uttynning av ozonlag. Forskingen har altså blitt en del av vår kultur, og dette bør formidles til den oppvoksende generasjon av bl.a. forskere.

Som et tilleggspunkt snakker Sjøberg om at naturfagundervisningen skal fremme glede og respekt for naturen og miljøet. Dette er en viktig faktor i forhold til miljøundervisning; skal man være interessert i å ta vare på noe, må man også være glad i dette. Da er det ikke bare snakk om naturen i skogen, på fjellet og ved sjøen, men en forståelse for at det er snakk om et avhengighetsforhold, eller rettere sagt, økosystem, som påvirkes på ulike måter på grunn av forurensing.

¹¹ Det kan selvfølgelig diskuteres hvor viktig slik kunnskap er, da dagens forbrukerteknologi blir stadig lettere å bruke, og fordi såkalte hverdagsforestillinger virker godt nok i dagliglivet

Sjøberg hevder også at den delen av naturvitenskapen som elevene møter på skolen er det som er allment akseptert, og derfor kan gi et inntrykk av at naturvitenskapen er autoritær og uforanderlig, noe som igjen kan føre til negative holdninger til faget. Videre peker han på at den dagsaktuelle forskningen preges av debatt, argumentasjon, uenighet og kontroverser, hvor alle som har innspill blir hørt og vurdert av likemenn. Det er denne debatten som vi ofte ser i media, men som dessverre ofte fremmer det synet at når forskerne er uenige så er vitenskapen ikke til å stole på. Elevene (og voksne) er ikke kjent med at det er på denne måten man etter hvert arbeider seg frem mot en felles forståelse av ulike fenomener og problemer, ved å se på alle faktorer som kan tenkes å spille inn på det aktuelle fenomenet. Mange av miljøproblemene og årsaker, virkninger og helbredelse av disse er i dag forskningsområder som debatteres mye i media. I stedet for å se på dette som noe negativt og skremmende, i den forstand at man ikke enda har fasit-svar for å løse dette, bør dette utnyttes, nemlig å studere hvordan forskningsmiljøer ser på problemene fra forskjellige vinkler, og etter hvert (forhåpentligvis) kommer fram til felles enighet. Dette er i aller høyeste grad aktuelt for spørsmålet i økningen i drivhuseffekten (se kap. 2.2).

3.2 Demokrati som argument for miljøundervisning

Som sagt over, er det demokratiargumentet som skiller seg ut som det beste argumentet for at miljøspørsmål skal undervises i skolen. Videre vil jeg se på ulike tilnærminger til miljøundervisning og demokrati i skolen.

3.2.1 Naturfaglig allmenndannelse

Et begrep som brukes ofte innenfor naturfagdidaktikk er "scientific literacy". Dette kan oversettes til norsk med "naturfaglig allmenndannelse". Allmenndannelse, sier Svein Sjøberg (1998 s. 37), er noe som er felles og som skal nå ut til alle – ikke bare til en elite. Det vil si at skolen skal være allmenndannende på den måten at den bidrar til at elevene utvikler seg til individer som er i stand til å delta på en selvstendig, reflektert og kritisk måte i vårt demokratiske samfunn når det gjelder naturvitenskapelige spørsmål. Ellen Henriksen (1999 s. 14) sier i sin doktoravhandling at begrepet "scientific literacy" kan benyttes i forhold til det å ha et minimum av innsikt i den naturvitenskapelige verden for å være i stand til å bruke dette i avveininger om spørsmål som angår den virkelige verden. Jon Miller har gitt følgende definisjon av "scientific literacy": (Shamos 1995, s. 87):

"functional scientific literacy should be viewed as the level of understanding of science and technology needed to function minimally as citizen and consumers in our society."

Dette krever i følge Miller (Shamos 1995) et basis vokabular, forståelse av de naturvitenskapelige prosesser og forståelse av påvirkningen av naturvitenskap og teknologi på samfunnet. Man kan ikke si at en person enten har eller ikke har naturvitenskapelig allmenndannelse. Shamos deler inn i tre stadier av naturvitenskapelig allmenndannelse:

Kulturell naturvitenskapelig allmenndannelse er den enkleste formen. Dette betyr en viss kjennskap til en viss mengde bakgrunnsinformasjon, en mer eller mindre leksikalsk oppramsing. Shamos peker på likheten mellom dette nivået og Millers første punkt om et basis vokabular. Videre hevder Shamos at dette er det nivået utdannede personer, som tror de har tilfredsstillende naturvitenskapelig allmenndannelse, befinner seg på. De kjenner igjen mange av de naturvitenskapelig baserte termer som benyttes i media, og en slik gjenkjennel-

se gir dem sannsynligvis en tilfredsstillende om at de ikke er fullstendig naturvitenskapelig analfabet.

Funksjonell naturvitenskapelig allmenndannelse. Det vil si at individene i tillegg til å kjenne igjen naturvitenskap, også kan konversere, lese og skrive sammenhengende ved å benytte naturvitenskapelige termer i en ikke-teknisk, men like fullt meningsfylt kontekst, som f.eks. å vite hva drivhuseffekten er, vite forskjell på elektroner og atomer eller hva DNA er og hvilken rolle det spiller i levende ting. Personer på dette nivået bør kunne delta i en meningsfull drøfting av de fleste naturvitenskapelige artikler i populærtidsskrifter. I det minste må de kunne stille intelligente spørsmål.

”Ekte” naturvitenskapelig allmenndannelse. På dette nivået vet individet noe om hele den naturvitenskapelige virksomheten. Han kjenner noen av de viktigste konseptuelle skjemaer (eller teorier) som danner fundamentene for naturvitenskapen. Hvordan man har kommet fram til disse teoriene og hvorfor de er allment akseptert. Han har evnen til kritisk tenkning i forhold til å finne svar på naturvitenskapelige spørsmål. For USA anslår Shamos at 3-4 % av den voksne befolkningen befinner seg på det tredje nivået, mens det i Storbritannia er anslått at 7 % av befolkningen befinner seg på dette nivået.

Shamos drøfter hva som er nødvendig kunnskap for å kunne ta stilling til spørsmål som angår samfunnet. Han bruker drivhuseffekt og ozonlag som eksempel (Shamos 1995):

For example, must one understand the detailed mechanism of global warming to conclude that steps should be taken to reduce the use of fossil fuels (CO₂ emitters) and other greenhouse-type emitters? Not if one starts from the premise, which is presently based more on theory than experiment, that (a) global warming is definitely occurring, and (b) it will be deleterious to all society, which appears to be the position taken by most environmentalists, who have already made up their minds about the issue even though unequivocal scientific evidence for it is still lacking. Actually, the jury is still out on the first of these as far as convincing evidence is concerned. On the second question, if significant warming were to occur, it is just as likely that some areas of the Earth (e.g., agricultural areas) would benefit from it as others would suffer. This is unlike the issue of ozone depletion, which is believed to be caused mainly by the release of industrially produced chlorofluorocarbons into the atmosphere. It is relatively easy to get international agreement on limiting the use of chlorofluorocarbons, largely because such use is not considered essential.

Om dette sier han videre at dette er tilfellet for mange miljøspørsmål. Hvis effekten er faktisk, trenger man ikke mye naturvitenskap for å forstå verken årsak eller den åpenbare løsningen. Men for å avgjøre om dette er de faktiske effekter, krever det at man forstår hvordan naturvitenskapelige ”bevis” skal tolkes. Videre hevder han at det er for mye forlangt at en gjennomsnittlig utdannet person skal kunne gjøre disse tolkningene basert på sin egen kunnskap. Spørsmålet blir om svar på slike spørsmål baseres mer på politisk- økonomiske faktorer, og/eller følelser i stedet for rent miljømessige avveininger. Også en velutdannet person, med gode kunnskaper på disse områdene vil ha problemer med å ta stilling til slike spørsmål uten å trekke inn sine egne følelser. Med dette som utgangspunkt mener Shamos at det bør ligge tre prinsipper til grunn for å presentere naturvitenskap for alle studenter.

- Lære bort naturvitenskap i hovedsak for å utvikle verdsetting og forståelse av virksomheten.
- Å sørge for fokus på et sentralt tema: Teknologi som en praktisk nødvendighet for individets personlige helse og sikkerhet, og en forståelse av både det menneskeskapte og det naturlige miljø.

- For å utvikle sosial allmenndannelse, og poengtere en riktig bruk av naturvitenskapelige eksperter.

I Storbritannia har man etter hvert følt behov for nye læreplaner i naturfag. I rapporten "Beyond 2000" (Millar og Osborne 1998) har man samlet tanker om hvorfor læreplanene bør endres, og hva de bør inneholde. Man poengterer at rask teknologisk endring, samt globalisering av markedsplassen har resultert i et behov for mennesker med en bred generell utdanning, gode kommunikasjonsevner, tilpasningsevne og forpliktelser for livslang læring. Det påpekes at dagens naturfagopplæring i stor grad legger opp til å utdanne fremtidige naturvitere, mens målet bør være at hele befolkningen har en tilfredsstillende kunnskap og forståelse for å kunne følge naturvitenskapen og naturvitenskapelige debatter. For å opprettholde et sunt og dynamisk demokrati understrekes nødvendigheten av å kunne forstå hvilke metoder som benyttes for å komme frem til naturvitenskapelige bevis. I tillegg poengteres evnen til å kjenne igjen etiske og moralske implikasjoner av de valg som vitenskapen foreslår gjennomført. Millar og Osborne (1998, s. 2012) påpeker følgende ønskede mål for naturfagplanen:

The purpose of science education, as a component of young people's whole educational experience, is to prepare them for a full and satisfying life in the world of the 21st century. More specifically, the science curriculum should:

❖ *sustain and develop the curiosity of young people about the natural world around them, and build up their confidence in their ability to inquire into its behaviour.*

It should seek to foster a sense of wonder, enthusiasm and interest in science so that young people feel confident and competent to engage with scientific and technical matters.

❖ *help young people acquire a broad, general understanding of the important ideas and explanatory frameworks of science, and of the procedures of scientific inquiry, which have had a major impact on our material environment and on our culture in general, so that they can:*

◆ *appreciate why these ideas are valued;*

◆ *appreciate the underlying rationale for decisions (for example about diet, or medical treatment, or energy use) which they may wish, or be advised, to take in everyday contexts, both now and in later life;*

◆ *be able to understand, and respond critically to, media reports of issues with a science component;*

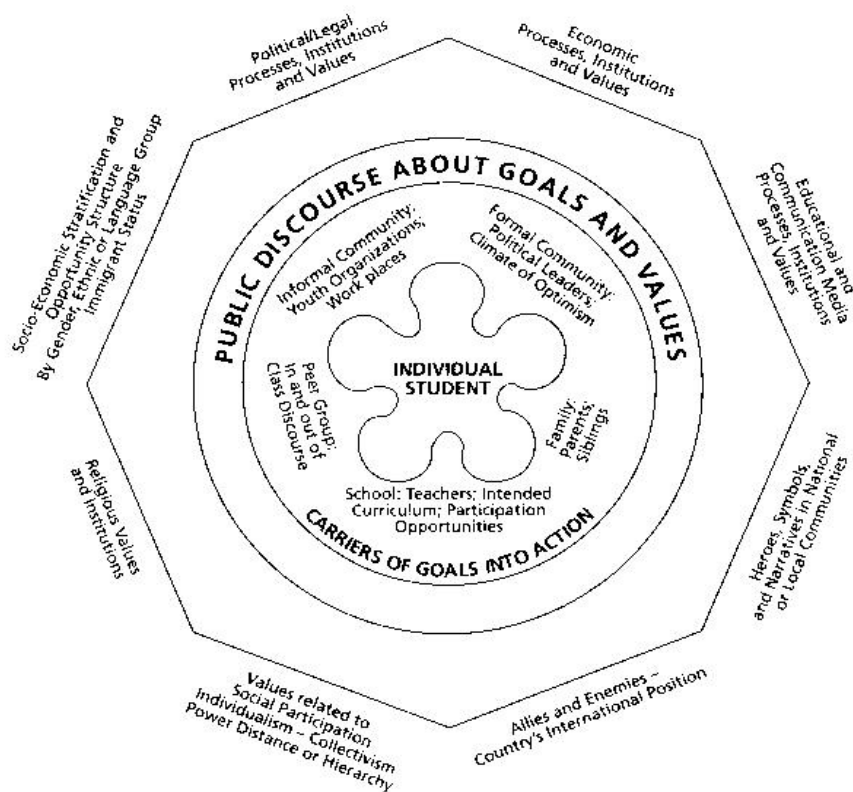
◆ *feel empowered to hold and express a personal point of view on issues with a science component which enter the arena of public debate, and perhaps to become actively involved in some of these;*

◆ *acquire further knowledge when required, either for interest or for vocational purposes.*

Rapporten inneholder ti anbefalinger for hvordan læreplanen bør bygges opp og hva den bør inneholde. Det kunne vært interessant å sett på disse anbefalingene i forhold til L97, men det ligger litt på siden av denne oppgavens problemområde.

3.2.2 Demokrati og skolens rolle i påvirkning av elevene

En internasjonal undersøkelse som ble gjennomført våren 1999, her i Norge i regi av Institutt for Lærerutdanning og Skoleutvikling (ILS) ved Universitetet i Oslo, (informasjon på <http://www.ils.uio.no/forskning/civic/>) har som hovedmål å undersøke på hvilken måte skolen forbereder unge mennesker på rollen som deltakere i demokratiske beslutninger og hva som er med på å utvikle deres politiske identitet. Prosjektet er kalt CIVIC in Education Study, og uttrykket "Civic education" brukes om demokratiopplæring. Undersøkelsen er gjort blant ca 3300 9. klassinger og ca. 1100 10. klassinger i norske ungdomsskoler. Det internasjonale Civic-miljøet har utarbeidet en oktoenmodell (figur 4), som plasserer eleven i sentrum for påvirkning og oppdragelse til politisk identitet og demokratisk praksis .



Figur 4: Civics oktoenmodell om påvirkning av elevene til politisk og demokratisk praksis. (Kilde: <http://www.ils.uio.no/forskning/civic/images/okto.GIF>)

Civic identifiserer åtte mekanismer som anses som ledd i denne ytre påvirkningen. Disse åtte mekanismene er:

- Politiske prosesser, verdier og institusjoner
- Økonomiske prosesser, institusjoner og verdier

- Utdanningsmessige og kommunikasjonsmedias prosesser, institusjoner og verdier
- Sosioøkonomisk lagdeling og mulighetsstruktur i forhold til kjønn, rase, etnisk eller språklig gruppe eller immigrant status
- Religiøse verdier og institusjoner
- Verdier relatert til sosial deltakelse, individualisme vs. kollektivism, maktdistanse eller hierarki
- Allierte og fiender, landets internasjonale posisjon
- Symboler, narrativer og helter i nasjonale eller lokale samfunn

Disse mekanismene har, via offentlig debatt og samspill innflytelse på fem ulike sosialiseringssagenter i forhold til eleven, som formidlere av storsamfunnets idealer, disse fem agentene er:

- Foreldre og familie
- Skole, intendert læreplan, deltakelse og muligheter
- Jevnaldrende, diskusjoner i og utenfor klasserommet
- Naboer, organisasjoner og arbeidsplass
- Politikernes rolle og følelser av optimisme

Demokratiopplæringen skjer gjennom formidling av kunnskaper om, trening av ferdigheter i og utvikling av holdninger til demokrati og demokratisk deltakelse, menneskerettigheter, politikk og mer generelle samfunnsspørsmål. Blant fag i den norske skole som spesielt fremmer demokratiopplæringen, fremheves samfunnsfag, hvor elevene skal utvikle sin innsikt i samfunnslivet for å kunne delta aktivt i demokratisk virksomhet. Det trener ferdigheter og bidrar til holdningsdannelse. I faget kristendom, religion- og livssynorientering (KRL) arbeides det med verdispørsmål, moralsk bevissthet og med etiske konflikter og valg. Norsk er fremhevet som et fag hvor elevene skal utvikle innlevelse i andres livssituasjon og forståelsesformer, for videre å kunne påvirke den demokratiske toleranse. I natur- og miljøfag får elevene kunnskaper som er nødvendig for å kunne delta i offentlig debatt om teknologi, økologi og miljøspørsmål. Videre legges det i skolen vekt på engasjement, medvirkning og innflytelse via en egen læreplan i klasse- og elevrådarbeid, og tverrfaglig opplæring og prosjektarbeid.

En konklusjon etter Civic-undersøkelsen (Mikkelsen et al. 2001) er at norske elever har relativt gode kunnskaper om demokratiet og ferdigheter til å tolke politisk informasjon. De ser ikke seg selv som særlig aktive deltakere i det representative demokrati, bortsett fra viljen til å stemme når de blir voksne. Av de norske elevene svarer under 30 % at de er interessert i politikk. Imidlertid sier ca 40 % at de diskuterer politiske spørsmål med foreldre og familie, eller venner og lærere. Mellom 80 og 90 % av elevene svarer at de følger med på nyheter i aviser og fjernsyn.

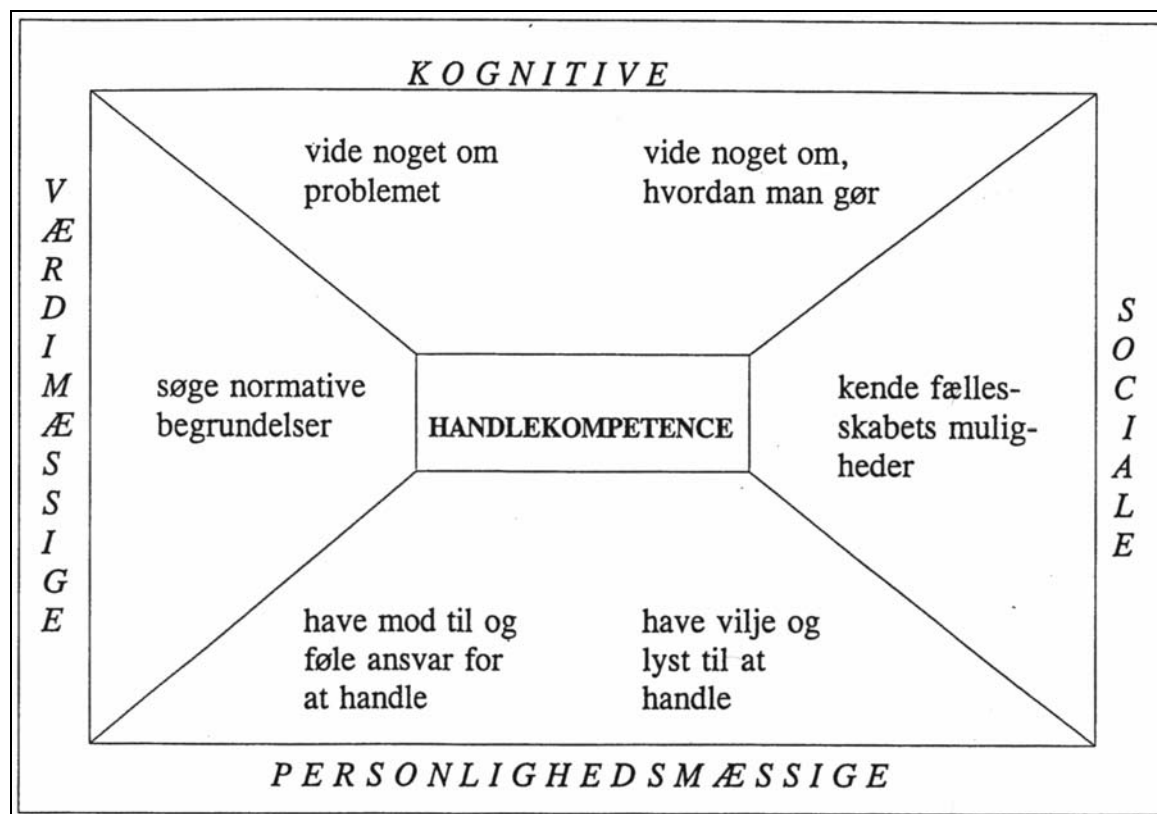
3.2.3 Demokrati og handlingskompetanse

Dansken Finn Mogensen (1995) skriver om handlingskompetanse som didaktisk begrep i miljøundervisningen. Han sier at undervisningen skal utvikle elevene til ikke bare å være kritiske, men også til å bli transformative individer, dvs. personer som ser det som et ansvar og en forpliktelse å forandre de omstendigheter man finner urettferdige og gale. Det innebærer visjoner om objektive og konkrete forandringer. Derfor må undervisningen ikke bare

utvikle en kunnskaps- og ferdighetsdimensjon, men også søke å utvikle den forpliktelse, det ansvar, det engasjement og det mot som skal til for at personen omsetter sin kunnskap til handling. En didaktisk tenkning om handlingskompetanse må være en tenkning hvor man problematiserer hvordan undervisningen kan bidra til at elevene blir transformativt individer. Mogensen sier at fordi "handlingskompetanse" er et relativt nytt begrep i den pedagogiske diskusjon, er det et begrep som trenger en avklaring. Man må unngå at det utvikler seg til et "hurra-slagord" som alle kan klappe henrykt av, eller at det utvikler seg til det som kalles et "paraply-ord", som er så utflytende og ubestemmelig at det fremstår som et tomt postulat som kan inneholde hva som helst. Begrepet må heller ikke utvikle seg slik at det fremstår som en fast forskrift som inneholder og fordrer ganske bestemte handle- og atferdstyper rettet mot forutbestemte forhold som ikke tar de involverte deltakeres egne problemformuleringer, problembearbeidinger og motiver for å handle alvorlig. Mogensen (1995, s. 112) definerer handlingskompetanse på denne måten:

"Handlekompetence defineres som en personlig kapasitet, der innebærer evne og vilje til at afdække handlemuligheder i forhold til samfundsmæssige problemstillinger og på baggrund heraf at handle med henblik på at løse disse, hvor

- a. *handlebevidsheden og – tilskyndelsen især er fremkommet på baggrund af kritisk tænkning og handleerfaringer, som*
- b. *samlet udvikler, men også udvikles gennem grundlæggende personlige værdier, fortolkningskriterier og personligheds-mæssige faktorer.*



Figur 5: Skjematisk figur over handlingskompetanse med betydningsfulle innholdselementer (Kilde: Mogensen 1995, s 119)

Om dette kan tilføyes at Scnack (1993) sier om demokrati og handlingskompetanse at medlemmene i et demokrati ikke er tilskuere, men deltakere, og at oppdragelse til demokrati også er oppdragelse og kvalifisering til deltakerrollen. Utvikling av handlingskompetanse blir dermed et dannelsesideal i demokratisk perspektiv.

Mogensen (1995) sier videre at miljøundervisning handler om den måte vi har innrettet vårt samfunn på i forhold til de betingelser som de naturlige omgivelser stiller til rådighet. Miljøundervisningen søker spesielt utgangspunkt i de tilfeller hvor natur og samfunn er på kollisjonskurs, der hvor det foreligger konflikter mellom forskjellige interesser, hvor hver enkelt relaterer seg til naturgrunnlaget på den ene eller andre måte. Miljøundervisningen handler derfor mer om oss mennesker og hvordan vi organiserer oss til naturen, enn om naturen i seg selv. Man kan kalle det et miljøproblem når det er en uforenlighet mellom natur og samfunn. Et avgjørende aspekt i et miljøproblem er dermed tilstedeværelsen av en interessekonflikt. Mogensen skiller mellom tre nivåer av interessekonflikter:

- Personlige konflikter, inneholder konflikter en person kan ha med seg selv, en individuell prioriterings- eller behovskonflikt.
- Interpersonelle konflikter, tar opp konflikter mellom grupper av mennesker som har innbyrdes sprikende interesser, det er snakk om konflikter mellom subjektive interesser.
- Strukturelle konflikter, som kjennetegnes ved at den samfunnsmessige bakgrunn inndras i forståelsen av den personlige eller interpersonlige konflikt på en sånn måte at denne ses som et systematisk uttrykk for den strukturelle bakgrunn, som kan ha karakter av anonyme markedskrefter, politiske beslutninger eller andre maktforhold som umiddelbart foreligger som gitte for de gjeldende personer eller grupper.

For å begripe miljøproblemenes konfliktperspektiv på en tilfredsstillende og ikke handlingslammende eller ansvarsfraskrivende måte, må konfliktbevisstheten i videst mulig omfang, utvikles på bakgrunn av en konfliktanalyse som søker å inndra alle de tre nevnte nivåer.

Når det gjelder økning i drivhuseffekt og nedbryting av ozonlag, kan disse tre konfliktperspektivene ses på følgende måte: Den personlige konflikten oppstår mellom ønsket om å gjøre noe for å begrense disse miljøproblemene og ønsket om å opprettholde eller forbedre levestandard. Disse to ønskene er langt på vei uforenelige – i alle fall med dagens teknologi. Vi kan bl.a. se dette ved å observere de følelser som settes i sving hver gang avgiftene på bensin øker, eller når det innføres miljøavgifter på fly. På det interpersonelle nivå kan vi f.eks. se på utbygging av gasskraftverk. Enkelte grupper er i mot dette på grunn av økning i utslipp av CO₂ og NO_x gasser, mens andre grupper, som f.eks. de fleste innbyggerne i Levanger Kommune i Nord Trøndelag¹², ønsker en slik utbygging velkommen på grunn av nye arbeidsplasser. Når det gjelder strukturelle konflikter, kan vi se på Montreal-protokollen, som er en politisk vedtatt begrensning i utslipp av ozonnedbrytende gasser. Disse legger føringer for ulike industrier. Dette er likevel et eksempel på en strukturell konflikt som har funnet sin løsning. Et eksempel på det motsatte er forhandlingene for å begrense utslippene av klimagasser. Disse forhandlingene strandede på grunn av uenighet mellom landene og de-

¹² Viser til planlagt utbygging av gasskraftverk ved Fiborgtangen, Skogn, i Levanger Kommune.

res egne bidrag til reduksjon, da dette vil påvirke både privatliv og produksjon i hvert enkelt land.

3.2.4 Handlingskompetanse og miljøspørsmål

Et nordisk forskningssamarbeid om miljøundervisning, MUVIN (se Christensen og Kristensen 1999), tar utgangspunkt i elevenes nærmiljø, og søker å utvikle elevenes handlingskompetanse i forhold til miljøspørsmål. MUVIN bygger til dels på det som kan kalles "den nye generasjon av miljøundervisning" (Breiting 1995). I korte trekk kan det sies at den nye generasjonen av miljøundervisning skiller seg fra tidligere former ved at målet er handlingskompetanse. Dette i motsetning til tidligere, hvor atferdsendringer var målet, i den tro at elevene, ved å endre sin atferd, kunne påvirke foreldre og samfunnet rundt seg. Noe av det som karakteriserer den nye generasjon, er blant annet at man er mer opptatt av at utviklingen har mange mulige retninger, og at det gjelder å se disse i forhold til hverandre før man tar et valg, i motsetning til tidligere, da holdningen var at utviklingen må stoppes eller forsinkes. Et annet mål i tidligere generasjoner av miljøundervisning, var at naturen burde endres så lite som mulig og at naturinngrep er synd for dyrene, og naturøkologi og naturfag var de viktigste tilnærminger. Fokus i dag ligger på at man ikke må lage uopprettelige endringer i naturen, og at det er synd for kommende generasjoner at de må unnvære dyre- og plantearter. I dag fokuseres det også mer på humanøkologi, og vårt uatskillelige forhold til naturen, bl.a. ved at humanistiske fag og samfunnsvitenskap kommer inn med tyngde i forhold til miljøundervisningen.

Hovedtema i MUVIN er "Interessekonflikter i bruk av naturressurser", og tilnærmingen til konfliktene skulle skje gjennom prosjektarbeid med aktuelle interessekonflikter i elevenes nærmiljø. Noen av konklusjonene fra den norske gjennomføringen av MUVINs fase 2 er at alt for mange lærere mangler etterutdanning i miljølære, men at kompetansen er bedret siden starten på 90-tallet. Et annet resultat fra prosjektet er at konfliktbevisstheten blant elevene ikke har vært så stor som ønskelig, og de fleste konfliktene blir vurdert som interpersonlige, personlige eller menneske mot naturen. Det strukturelle konfliktaspektet har fått mindre oppmerksomhet, og mange har ikke oppfattet den politiske dimensjonen i konflikten. Om elevene har utviklet sin handlingskompetanse, er det for tidlig å si noe om, dette krever en videre undersøkelse over tid. Men det ble gitt inntrykk av at utviklingen av handlingskompetanse bl.a. er avhengig av veilederens evne og vilje til å motivere til politisk tenking og våge å sette konflikttema på dagsorden. Når det gjelder bruken av prosjekt som metode, viser det seg at man har ulike erfaringer. Generelt kan det sies at elevene er fornøyd med innvirkningen de har hatt på utforming av prosjektet, og at metoden har gitt dem "nye kunnskaper og ferdigheter", og at det er ulike forhold rundt selve arbeidet som har betydd mest for elevene. En nærmere undersøkelse av hvordan elevene har samlet inn informasjon, viser at studier av kildemateriale, intervjuer og spørreundersøkelser er mye brukt i motsetning til målinger av naturfaglig art. Dette er et tegn på at miljøundervisning ikke hører inn under naturfag alene. Vi ser også at et slikt utgangspunkt krever gode kunnskaper og veiledningsevner fra lærerens side. Dette er igjen en utfordring for de som utdanner og, ikke minst, etterutdanner lærere.

3.3 Læreplaner

Christensen og Kristensen (1999) har laget en oversikt over utviklingen av miljøundervisningen i Norge, og her følger et kort sammendrag. Miljølære, eller miljøfag, er ikke et eget fag i den norske skole. I mønsterplanen av 1974 (M-74) ble "Miljø- og naturvern" introdu-

sert som et tverrfaglig og obligatorisk emne. Miljøundervisningen ble knyttet opp mot naturverntanken, med vekt på forurensing og økologi. I Mønsterplanen av 1987 (M87) ble det presisert at elevene skulle kunne delta aktivt i forebyggende miljøvern. Man skulle i tillegg til å kunne beskrive miljøspørsmål, legge vekt på å analysere årsakene til miljøproblemene, identifisere interessegrupper og arbeide med forslag til tiltak som kan iverksettes for å løse miljøproblemer på lokalt plan. Dagens læreplan og dens behandling av miljølære blir nærmere omtalt i neste avsnitt. For å styrke miljøundervisningen i skolen, ble det i 1994 lagt inn et obligatorisk 10 vekttallskurs, "Natur, samfunn og miljø", på allmennlærerutdanningen.

I løpet av 1990-åra ble det gjennomført en lang rekke utdanningspolitiske reformer. Fra høsten 1997 startet grunnskolereformen, hvor de viktigste endringene var skolestart for 6 åringene, og 10-årig obligatorisk grunnskole. I den forbindelse ble det også laget en ny læreplan for opplæringa i grunnskolen, L97. I sin bok "Pedagogikk og politikk i L97 – Læreplanens innhold og beslutningsprosessene" gir Theo Koritzinsky (2000) en bred gjennomgang av læreplanen og de beslutningsprosesser som ligger til grunn for den endelige planen.

I 1993 ble "Læreplan for grunnskole, videregående opplæring og voksenopplæring – Generell del", vedtatt og gjort gjeldende. Den generelle delen beskriver sju sider ved et menneske som skolen skal søke etter å oppfostre, disse sju sidene, eller mennesketypene, er:

- Det meningsøkende menneske
- Det skapende menneske
- Det arbeidende menneske
- Det allmenndannede menneske
- Det samarbeidende menneske
- Det miljøbevisste menneske
- Det integrerte menneske

Videre finner vi i L97 "Prinsipper og retningslinjer for opplæringa i grunnskolen", eller den såkalte "Broen", som lå ferdig høsten 1996. Denne delen tar opp ulike sider ved organiseringen av skolens aktivitet.

Fra november 1994 til juli 1995 ble høringsutkastene for læreplaner til. Dette foregikk i ulike faggrupper, en fullstendig oversikt over de ulike gruppene finnes i Koritzinsky 2000. Etter at planene hadde vært ute til høring satte KUF ned "oppretingsgrupper" i desember 1995. Disse gruppene besto stort sett av tre medlemmer, og hadde som oppgave å bearbeide høringsutkastene på bakgrunn av KUFs sammenfatning av høringsuttalelsene og retningslinjene for det avsluttende læreplanarbeidet. Den helhetlige læreplanen kom høsten 1996, og ble innført fra høsten 1997. Videre skal jeg se nærmere på L97s behandling av miljøspørsmål.

3.3.1 Miljøspørsmål i L97

En av mennesketypene som er beskrevet i læreplanens generelle del er "det miljøbevisste menneske". Her fokuseres det på at livsmiljøet i stadig større grad blir påvirket av oss mennesker enn av naturforholdene. De valg vi foretar i forhold til utnyttelse av naturressursene og bruken av teknologi vil få følger både for oss selv, og for mennesker i en senere tid og andre steder i verden. Det har vist seg at bruk av ny teknologi ofte har ført med seg utilsiktede konsekvenser som må ryddes opp i ettertid. Det fremheves i KUF (1996 s. 46) at:

Samspeilet mellom økonomi, økologi og teknologi stiller vår tid overfor særlige kunnskapsmessige og moralske utfordringer for å sikre en bærekraftig utvikling. Opplæringen må følgelig gi bred kunnskap om sammenhengene i naturen og om samspeilet mellom menneske og natur.

Videre fremheves nødvendigheten av å fremme naturglede, og erkjennelse av vår avhengighet av andre arter.

En annen av mennesketypene som er omtalt, og som det er naturlig å trekke fram her, er ”det allmenndannede menneske”. Det er her påpekt at god allmenndannelse er en forutsetning for å kunne velge utdanning og senere skjøtte arbeid med kompetanse, ansvar og omhu. Det sies at opplæringen må gi overblikk over hvordan prosesser på et felt slår over på andre, og som eksempel er nevnt produksjon som virker tilbake på natur og miljø. Det pekes også på behovet for helhetlig kunnskap, men samtidig understrekes nødvendigheten av faglig soliditet. Videre sies det at det er viktig at det ikke skapes store forskjeller i kompetanse som kan føre til udemokratisk manipulasjon. Mangel på den bakgrunnsinformasjon som tas for gitt i den offentlige debatten, gjør en ute av stand til å fatte poenget eller gripe sammenhengen. Det står i KUF (1996 s. 38):

Felles bakgrunnskunnskap er derfor kjernen i et nasjonalt nettverk for kommunikasjon mellom medlemmene av et demokratisk fellesskap.

I broen finner vi et punkt om temaorganisering av innhold (s. 71 – 72). Temaorganisering skal samordne hovedmoment fra flere fag i meningsfylte enheter. Som eksempel på tema som bør arbeides med på tvers av ulike fag er natur og miljø nevnt. Koritzinsky (2000, s. 86) påpeker at læreplanverket er mindre egnet som bruksbok enn de tidligere mønsterplanene, både pga. størrelse og ikke minst mangelen på register, noe som bl.a. gjør tverrfaglig arbeid tyngre.

Går vi videre til læreplanen for den 10-årige grunnskolen, velger jeg å se på de to fagene samfunnsfag og natur- og miljøfag. Jeg velger disse fagene fordi jeg er av den oppfatning av at det er i samfunnsfag elevene kan lære om hvilke kompliserte samfunnsprosesser som ligger bak de miljøproblemer vi ser i dag, og hvordan disse problemene kan løses. Natur- og miljøfag er det faget som kan gi elevene en kjennskap til de naturgitte betingelsene for at miljøproblemer oppstår, deres natur, samt hvordan de kan løses. I tillegg til at navnet på faget legger føringer for dets innhold. Jeg vil se på de felles mål for de enkelte fagene, samt mål og hovedmoment for ungdomsskoletrinnet. Dette for å begrense denne delen av oppgaven, og fordi min analyse er av elever som går siste året på ungdomsskoletrinnet. En annen begrensning er å ikke se på læreplanen for KRL og hvordan etiske og moralske spørsmål behandles, i henhold til CIVIC undersøkelsen.

3.3.2 Samfunnsfag

I innledningen for faget i L97 heter det bl.a. at (KUF 1996, s. 175):

Eit levande folkestyre har som føresetnad at medlemmene i samfunnet kjenner til og sluttar opp om grunnleggande demokratiske verdiar.

Videre står det:

Samspeilet mellom økonomi, økologi og teknologi er viktige utfordringar i vår tid. Samfunnsfaget må derfor utvikle innsikta og interessa hjå elevane for samspeilet mellom menneske og natur og auke medvitnet deira om livsvilkåra og levekåra til menneska.

Arbeidsmåtene i samfunnsfag må være slik at elevene blir forberedt til å handle, og det må stimulere dem til å undres og til å kunne stille spørsmål. På ungdomstrinnet skal elevene lære å formulere problemstillinger som skal vurderes ut i fra analyse og tolking av informasjon fra ulike kilder. Opplæringa i samfunnsfag har bl.a. som mål at elevene skal få kunnskaper om menneskenes liv og virke i fortid og nåtid, og se dette i sammenheng med naturgitte og menneskeskapte forhold. Videre skal elevene bli bevisst på jordas mangfold og hvordan de valg vi gjør i dag kan påvirke framtida. Elevene skal være i stand til å vurdere sosiale og politiske utfordringer lokalt, nasjonalt og globalt, og de skal lære å skaffe kunnskap om samfunnslivet og delta i oppgaver de møter. Blant målene for ungdomstrinnet heter det at elevene skal kunne redegjøre for og forklare variasjoner i livsvilkår og levekår og vurdere prosesser som endrer dem, de skal kunne forstå og forklare geografiske fenomener og prosesser. Videre heter det at elevene skal ha kjennskap til sine retter og plikter som individ og samfunnsdeltakere, de skal utvikle interesse for og få øvelse i demokratiske arbeidsmåter og aktiv deltakelse i samfunnet. De skal utvikle evne til selvstendig og kritisk tenkning og gjøre begrunnede valg i verdispørsmål. Dette er i tråd med bl.a. Mogensens sitt mål om å oppnå handlingskompetanse hos elevene.

Som hovedmomenter finner vi bl.a. at elevene skal bli kjent med hvilke endringer den industrielle revolusjon førte med seg, de skal kunne vurdere de nasjonale og globale følgene av den materielle veksten i etterkrigstida, og de teknologiske nyvinningene på ulike områder. Elevene skal arbeide med naturgrunnlaget, kjenne til bevegelsene i luftmassene, vannets kretsløp, vær, klima og vegetasjon. De skal øve seg i å se sammenhenger mellom natur og samfunn og lære seg å forstå at menneskene er avhengige av naturgrunnlaget, og hvordan menneskene påvirker og forandrer det. De skal gjøre seg kjent med debatten omkring disse spørsmålene, og skal kunne avklare sine egne handlinger. Elevene skal utvikle kjennskap til hvordan menneskene benytter naturgrunnlaget til å skaffe mat, energi og andre varer, de skal vurdere bruk og misbruk av ressurser og hvilke konsekvenser det får for miljø og samfunn, og hvilke konflikter dette skaper. De skal arbeide med begrepene gjenbruk og resirkulering, og utvikle et realistisk syn på hva som er teknisk mulig. Elevene skal arbeide med befolkningsspørsmål og diskutere årsaker til og virkning av byvekst. De skal sette seg inn i de store forskjellene mellom fattige og rike deler av verden og bli kjent med de problemene som forskjellene skaper, og drøfte premisene for en bærekraftig utvikling. Elevene skal også bli kjent med det lokale organisasjons-, arbeids- og politiske liv. Videre skal de bli kjent med den nasjonale politiske organisering og viktige organisasjoner. De skal drøfte det formelle og uformelle maktforhold i samfunnet. Elevene skal arbeide med ulike typer medium, og ta stilling til ulike typer påvirkning, press og reklame. De skal sette seg inn i politiske tilstander i Europa og andre deler av verden, og bli kjent med internasjonale samarbeidsorgan.

3.3.3 Natur- og miljøfag

I innledningen til faget i L97 står det (KUF 1996, s.206):

"Ein kan vanskeleg meistre, forstå eller påverke samfunnet i dag utan grunnleggjande kunnskap om naturvitskap og teknologi og konsekvensane dei har for naturgrunnlaget og miljøet."

Opplæringen skal hjelpe elevene til å bli aktive samfunnsborgere og medvirke til en bærekraftig utvikling. I de første årene skal opplæringa konsentrere seg om nærmiljøet, for så å vende blikket mer og mer utover, for til slutt å få et globalt perspektiv. Kildegransking er også et viktig stikkord i natur- og miljøfag. På ungdomstrinnet skal ny kunnskap i stor grad presenteres ved hjelp av modeller, og emner som blir mye omtalt i media er tatt med der de

inngår i en faglig sammenheng, for å hjelpe elevene til å utvikle et grunnlag for egne holdninger og meninger, og til å drøfte interessekonflikter.

Som felles mål for faget finner vi at elevene skal få kunnskap om ulike kjemiske stoffer for å kunne se sammenhenger og gjøre miljøvennlige valg i den kjemiske hverdagen. De skal utvikle innsikt om sammenhengene i naturen og samspillet mellom menneskene og naturen, slik at de kan medvirke til en bærekraftig utvikling. Elevene skal få innsikt i at vitenskapen utvikler seg og at naturvitenskap er en viktig del av kulturarven vår, og de skal øve opp evnen til å bruke og vurdere informasjon.

Blant hovedmomentene står det at elevene skal arbeide med eksempler på hvordan levende organismer er tilpasset ulike klimatiske forutsetninger, de skal lære om de fysiske forutsetningene for liv på jorda i forhold til de andre planetene i solsystemet. Elevene skal bli kjent med et økosystem på land og beskrive hvordan artene er tilpasset hverandre og miljøet de lever i. De skal bli kjent med begrepet biologisk mangfold og drøfte hvordan menneskelige aktiviteter kan forandre forholdene i et økosystem samt konsekvenser og interessekonflikter i forhold til bruk av naturressurser, og de skal bli kjent med hvordan folk og samfunn har brukt og bruker naturressursene. Elevene skal drøfte hvordan kunnskap, forskning og teknologi har endret levekårene for menneskene lokalt og globalt, og de skal drøfte tiltak som kan forbedre miljøet og medvirke til en bærekraftig utvikling lokalt og globalt. Elevene skal også bli kjent med karbonkretsløpet, og med hvordan olje, kull og gass blir dannet, og gjøre forsøk med fullstendig og ufullstendig forbrenning av fossilt brensel og plantemateriale. De skal gjøre forsøk som illustrerer forsuring og kalking av vann, og bli kjent med miljøproblemene som skyldes forbrenningsgasser og tiltak for å redusere problemene, og de skal kjenne til bruk av radioaktive stoffer i forhold til samfunnsbehov og risiko for helse og miljø. Elevene skal bli kjent med fornybare og ikke fornybare energikilder på jorda, teknologi og fremtidsutsikter i forhold til energiresurser, og de skal bli kjent med drivhuseffekten og effekten av ozonlaget.

3.3.4 Intervju med Rolf Mikkelsen

I februar 2001 stilte jeg noen åpne spørsmål via e-post til Rolf Mikkelsen (dette var avtalt på forhånd), førstelektor ved ILS, UiO. Han var med både i fagplangruppa for samfunnsfag samt i opprettingsgruppa. Mikkelsen mener at samfunnsfagsplanen inneholder mye stoff som tar opp ulike miljøspørsmål, og mye av dette er plassert under de emnene som behandles som geografiemner i fagplanen. Han begrunner mengden med miljømener ut fra det fokus som "det miljøbevisste menneske" i læreplanens generelle del setter på miljøspørsmål, og at det miljøbevisste mennesket har en tverrfaglig kompetanse. Det var to medlemmer i læreplangruppa med geografi i fagkretsen, og begge oppfatter geografi som et miljøfag. Mikkelsen viser til den danske fagdidaktikeren Karsten Schnack, som sier at geografi er det eneste virkelige brobyggerfaget mellom natur og samfunn i skolen. Mange av miljøspørsmålene faller inn under geografifaget. Marte Skogland (1999) har i sin hovedoppgave "Geografi på ungdomstrinnet – et glemt kapittel?" konkludert med at geografifaget ikke har noen sterk posisjon på ungdomstrinnet, bl.a. på grunn av lærernes manglende kompetanse. Mikkelsen mener at dette ikke får store konsekvenser for miljøundervisningen i ungdomsskolen. Dette begrunner han med at universitetsutdannede lærere med andre samfunnsfag i sin fagkrets, har en unik evne til å kunne lese seg opp til et nødvendig nivå i fag som ligner de man har

fra universitetet.¹³ Videre påpeker han at alle som kommer fra allmennlærerutdanningen nå har et halvt år med Natur,- samfunns- og miljøfag, som inneholder mye samfunnsgeografi og miljø. Mikkelsen poengterer samtidig viktigheten av etterutdanning av lærere innen miljøspørsmål, men sier også at miljø ikke er prioritert for tiden. Det var derimot høyt prioritert fra 1990 og fram til innføringen av L97. Mikkelsen sier at læreplanen er et nasjonalt styringsdokument, og at lærerne derfor skal arbeide med de punkter som er nevnt her. Dette skal sikre en opplæring i de nevnte miljøspørsmål.

På spørsmål om læreplanen kanskje sikter for høyt i forhold til målgruppens kunnskaper og refleksjonsevne, sier Mikkelsen seg ikke enig, han mener derimot at det han kaller førstelinjetolkere (lærebokforfattere), deriblant han selv, har laget for omfattende og for vanskelige bøker, slik at faget blir uhandterlig for mange elever (og lærere). Videre sier Mikkelsen at det var mange samtaler med læreplangruppa for natur- og miljøfag, med tanke på to ting. For det første for å få lagt en del emner på samme trinn for å gjøre dem egnet for tverrfaglig arbeid. Med dette mener han at de lyktes dårlig. For det andre forsøkte de å unngå overlappinger i de to fagene, her lyktes de, i følge Mikkelsen, bedre.

Jeg påpekte at "atmosfære" er et begrep som jeg ikke finner nevnt i noen av de to læreplanene. Mikkelsen mener at dette kommer inn under hovedemnet luft, og at begrepet benyttes mer i den videregående skole. Fra kapittel 2.1; Atmosfæren, sola og stråling husker vi at mange elever ikke er kjent med luftas sammensetning, og at de gjerne ser på luft og oksygen som det samme.

Mikkelsen synes samfunnsfagplanen dekker miljøspørsmål ganske bra, mens natur (- og miljø) fag planen, bortsett fra innledningen, dekker opp dette for dårlig.

3.3.5 Mønsterplan for grunnskolen (M87)

Elevene som deltok i generalprøven på PISA våren 1999 var ikke L97-elever, ettersom læreplanen ble innført over en treårsperiode. Datamaterialet mitt stammer altså fra M87-elever, det er derfor naturlig å si litt om deres forutsetninger for å vite noe om drivhuseffekt og ozonlag. For å gjøre dette vil jeg se litt på hva som står i Mønsterplan for grunnskolen (KUF 1987). Generelt kan det sies at M87 er mindre detaljert og punktmessig formulert enn L97, slik at lærerens egen vektlegging i større grad kunne prege undervisningen. I tillegg må det nevnes at M87 elever har hatt "orienteringsfag" fra 1. til 6. klasse, og at dette ble delt i samfunnsfag og naturfag først på ungdomstrinnet (7. til 9. klasse). L97 elever har delt samfunnsfag og natur- og miljøfag fra 1. klasse.

Naturfag på ungdomstrinnet i M87 er delt inn i fjorten hovedemner, hvorav 4 av disse er emner som kan ta opp i seg behandling av drivhuseffekt og ozonlag. Det første, "Vær og klima" er et naturlig emne for å ta opp og behandle drivhuseffekt, spesielt under emnet "endringer i vær og klima". Selv om begrepet drivhuseffekt ikke er nevnt direkte, står det at klimaendringer i historisk perspektiv skal behandles, videre finner vi "menneskets inngrep, forrykket termisk balanse, spredning av forurensing, mottiltak" og "atmosfæriske forhold" nevnt som utgangspunkt for undervisningen. Under hovedemnet "Kropp og helse" er "miljøets betydning for helsen et underemne. Med punkter som "naturmiljø, støy og forurensing", skulle det her være åpnet for behandling av helsemessige konsekvenser av nedbryting av

¹³ Mikkelsen snakker generelt om universitetsutdannede personer, som har en studiekompetanse som gjør dem i stand til raskt å kunne lese seg opp på et akseptabelt nivå i fag som ligner de man har i fagkretsen.

ozonlaget, men også mulige konsekvenser av klimaendringer. I punktet "Energi, naturressurser og livsgrunnlag" behandles ulike energikilder og forskjellen mellom fornybare ressurser og lagerressurser. Også her er det opp til læreren og læreboka å bestemme hvor langt en vil gå i behandling av ulike konsekvenser bruk av ulike energikilder kan føre til. Det siste hovedemnet, "Vitenskap, teknologi og livsvilkår" gir grunnlag for behandling av temaene globale miljøproblemer, teknologi og klimaendringer og forurensing. Alt dette er et godt utgangspunkt for behandling av drivhuseffekt og ozonlag som tema i ungdomsskolen. Under flere av hovedemnene er sola, solas stråling og sola som energikilde også utgangspunkt for undervisningen.

Fordi M87 er utformet på en forholdsvis åpen måte, er det ofte opp til lærere og lærebøker hvor mye elevene har lært om de ulike temaene. For å kunne si mer om elevenes grunnlag burde jeg derfor sett på hva elevenes respektive lærere kan om dette (da jeg vil tro det er en sammenheng mellom lærerens egne kunnskaper og vektlegging av stoffet i timene). Men dette ville blitt både for tidkrevende, og ikke minst upopulært blant lærerne, til at det kunne la seg gjøre. En annen mulighet hadde vært å sett på lærebøkernes behandling av disse temaene, men også dette ville blitt for tidkrevende i forhold til resten av arbeidet med oppgaven. Jeg nøyer meg derfor med å si at på grunnlag av emner og punkter i M87, bør elevene ha kjennskap til både drivhuseffekt og ozonlag, kanskje drivhuseffekt i større grad enn ozonlag, men hvor mye de kan er mer opp til lærere og lærebøker enn til mønsterplanen. Oppgavene i PISA er også utformet på en sånn måte at de enkelte lands læreplaninnhold og utforming, samt lærebøker, ikke skal spille en vesentlig rolle for hvordan elevene klarer å svare på spørsmålene. På bakgrunn av dette ville det derfor være uvesentlig å se på innholdet i lærebøker som ikke lenger er i bruk.

3.4 Oppsummering

Hva har blitt sagt så langt? For det første, for å kunne legitimere et fags tilstedeværelse i skolen må det kunne forsvares av minst ett av de fire argumentene Svein Sjøberg har pekt på. Jeg har kommet fram til at demokratiargumentet er det beste argumentet for at miljøundervisning har sin rettmessige plass i skolen. I tillegg har vi sett at dette er emner som ofte er godt egnet for å gjøre elevene kjent med forskningsfronten og det faktum at forskere er uenige ikke nødvendigvis er et svakhetstegn.

For det andre har vi sett på ulike tilnærminger til miljøundervisning og demokratiopplæring i skolen. Naturfaglig allmenndannelse vil si at man innehar nok kunnskaper om naturvitenskapelige emner til å kunne ta kvalifiserte avgjørelser i naturvitenskapelige problemstillinger som angår samfunnsdebatten. Det er, i tillegg til grunnleggende kunnskaper (av type leksikalske) og kjennskap til naturvitenskapelig arbeidsmåte, nødvendig å kunne ta i bruk tilgjengelige kilder, og være kritisk til den informasjon man får. Skolens læreplaner og eksamener bør derfor utformes på en slik måte at elevene oppnår en tilfredsstillende naturvitenskapelig allmenndannelse, og er i stand til å oppdatere seg også etter endt skolegang. Elevene må dermed også testes i disse ferdighetene, ikke bare deres evne til å huske leksikalske fakta. I CIVIC-undersøkelsen ser man på de ulike faktorer som spiller inn på elevenes demokratiopplæring, og hvilken rolle skolen spiller i denne prosessen. Vi har sett at handlingskompetanse er et begrep som man mener undervisningen bør styres mot. Dette innebærer en undervisning som gjør at elevene føler ansvar for, og gjøres i stand til å handle i situasjoner de ser på som urettferdige eller gale. Vi har også sett at erfaringene fra MUVIN sier at en slik form for undervisning krever lærere med gode veiledningsevner slik at elevene oppfatter

de ulike aspekter man finner i miljøspørsmål og deres løsning for å kunne arbeide med disse emnene på en fruktbar måte.

For det tredje har vi sett på L97 sin behandling av temaet miljølære. Det er pekt på at miljølære skal inngå i alle fag, og at dette er tema som bør behandles tverrfaglig, men at tverrfaglig arbeid kanskje er vanskeligere enn nødvendig på grunn av læreplanens utforming, men også på grunn av at læreplangruppene i natur- og miljøfag og samfunnsfag ikke har lyktes med å legge sammenfallende tema på samme årstrinn. Vi har også sett at læreplanen i samfunnsfag har et sterkt innslag av miljøfag i seg, noe som er positivt i forhold til at miljøundervisning er en del av demokratiopplæringen, og at miljøspørsmål må ses i lys av samfunnsmessige strukturer. Rolf Mikkelsen mener at fagplanen i samfunnsfag er en god læreplan i forhold til miljøspørsmål, men at lærebøkene kanskje er for vanskelige. Han mener også at natur- og miljøfagplanen dekker miljøspørsmål for dårlig.

Til slutt hadde vi en liten gjennomgang av M87 av den grunn at elevene som deltok i generalprøven på PISA var elever som hadde fulgt undervisning etter M87. Men fordi M87 er utformet på en forholdsvis åpen måte, har det i stor grad vært opp til lærere og lærebøker hvor mye elevene har lært om de ulike temaene.

4. Elevers forståelse av globale atmosfæriske miljøproblemer

Det er gjennomført en rekke undersøkelser i Norge og andre land for å kartlegge elevers forståelse av drivhuseffekt og ozonlag. Her følger en presentasjon av sentrale funn i en del av disse undersøkelsene. Det er viktig å huske at bakgrunn, mål, datainnsamling og analyse er noe forskjellig i disse, slik at undersøkelsene ikke er direkte sammenlignbare. Likevel kan de brukes sammen for å gi et godt grunnlag for å diskutere eventuelle problemer knyttet til undervisning om drivhuseffekt og ozonlag. De fleste av undersøkelsene tar for seg både drivhuseffekt og ozonlag, men jeg har valgt å se disse to problemstillingene hver for seg i dette kapittelet, for å gjøre det mer oversiktlig. Dette kapittelet starter med en gjennomgang av funn omkring elevers kunnskaper om drivhuseffekt og ozonlag. Denne gjennomgangen danner så grunnlag for å identifisere ulike årsaker til eventuelle problemer med å forstå disse fenomenene.

4.1 Elevers forståelse av drivhusproblematikken

Spørsmål om vær og meteorologi til elever i 9. klasse i Osloområdet i 1989

Våren 1989 ble det gjennomført en test av 9. klassingers kunnskaper om vær og meteorologi (Hansen 1989). Dette var det siste elevkullet før M 87 trådte i kraft, og elevene hadde ikke hatt spesielt mye undervisning om dette temaet. I en oppgave skulle elevene ta stilling til ulike påstander om drivhuseffekten, og riktige svar dannet grunnlag for en totalskåre. Hansen finner at ut fra hans definisjon har 32 % av elevene tilstrekkelig kunnskap om drivhuseffekten i forhold til å ha en god basis for holdningsdannelse. 18 % av elevene blander sammen drivhuseffekten og effekten av ozonlaget, mens 27 % forveksler de to effektene. 10 % av elevene svarer ikke på denne oppgaven. Bare 23 % av elevene mener at drivhuseffekten, eventuelt ozonlaget, er nødvendig for livet på jorda.

Hva vet og hva mener elever om miljøproblemer? En undersøkelse ved overgang grunnskole – videregående skole

I en undersøkelse av førsteklasinger i den videregående skole fra høsten 1989 (van Marion 1990), var hovedintensjonen å finne ut hva elevene kunne om miljøproblemer når de startet i den videregående skolen. Først fikk elevene ti minutter til å skrive ned de stikkord de assosierte med "miljøproblemer", her er det cirka 35 % som nevner drivhuseffekten eller klimaendringer og nesten 20 % nevner karbondioksid. Videre i undersøkelsen skulle elevene krysse av for hvilke gasser de knytter til drivhuseffekten, og her finner van Marion at ca 75 % av elevene forbinder karbondioksid med drivhuseffekten, og at litt over 20 % forbinder svoveldioksid med drivhuseffekten (elevene kunne krysse av for flere alternativ).

Begge disse undersøkelsene er 12 år gamle. Etter dette har man sannsynligvis stoppet nedbrytingen av ozonlaget i det lange løp, og temaene "drivhuseffekt", "global oppvarming" og "klimaendringer" har kommet mer på dagsorden i ulike fora. Dette gjør at lignende undersøkelser i dag sannsynligvis (forhåpentligvis?) ville gitt andre resultater.

Miljø og utvikling i skolen

Rolf Mikkelsen gjennomførte en undersøkelse i 1994 (Mikkelsen 1994) om 7. klassinger i grunnskolen og 1. klassinger i den videregående skole sine holdninger og kunnskaper om "miljø og utvikling". Her finner Mikkelsen at 35 %¹⁴ av 7. klassingene assosierer drivhuseffekten med oppvarming av luften rundt jorda, og at denne andelen øker til 64 % i 1. klasse i videregående skole. Mikkelsen peker på at drivhuseffekten er lærestoff som elevene forventes å gjennomgå i løpet av ungdomsskolen, derfor bør det være en klar forbedring mellom disse to gruppene, noe det også er. I forhold til testens vanskelighetsgrad mener Mikkelsen at ca 66 %, av elevene bør få riktig på oppgavene. Han mener derfor at elevenes kjennskap til drivhuseffekten ikke er så god som den bør være. Da elevene skulle svare om ulike påstander var riktig eller ikke riktig, finner Mikkelsen at 46 % av 7. klassingene mener CO₂ bidrar til drivhuseffekten, og 41 % mener at CO₂ bidrar til å ødelegge ozonlaget. Blant elevene i 1. klasse i videregående skole svarer henholdsvis 61 % og 56 % at disse to påstandene er riktig. Samtidig som de eldre elevene blir mer bevisst på at CO₂ bidrar til å øke drivhuseffekten, er det også flere av disse som tror at CO₂ bidrar til å bryte ned ozonlaget. Altså ser det ut som elevene blander drivhuseffekt og ozonlag.

Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)

TIMSS-undersøkelsen som ble gjennomført i 1995 (se f.eks. Lie et al 1997) inneholder et spørsmål om hva økte mengder av CO₂ i atmosfæren kan føre til. Her er det 61 % av de norske trettenåringene som svarer at dette trolig vil føre til et varmere klima (Føreid og Lie 1998). Det interessante her er å se på hvordan feilsvarene fordeler seg, da det er hele 17 % som mener at det vil føre til mer ozon i atmosfæren (en av distraktorene). Her blander elevene inn ozonlagsproblematikken. Mange av elevene vet at en reduksjon av ozonlaget er skadelig, og derfor trekker ikke denne distraktoren til seg så mange elever som den kunne ha gjort. Det er også undersøkt hvor mange elever som ville blande inn ozonlaget hvis distraktoren beskrev en negativ effekt for ozonlaget (Thorseng 1997). Thorseng endrer distraktoren til: "Ozonlaget blir ødelagt", og finner at den trekker den til seg hele 48 % av elevmassen. Ved å gi spørsmålet som en åpen oppgave, er det 17 % av elevene som har et svar som innbefatter endringer i ozonlaget eller konsekvenser av dette, 9 % svarer at klimaet blir varmere, mens hele 31 % ikke svarer på oppgaven. Også her kan vi se at elevene blander drivhuseffekt og ozonlag.

Alle snakker om været... En teoretisk og empirisk undersøkelse av grunnskolens undervisning i vær og klima og elevenes forståelse av emnet.

I sin doktoravhandling undersøker Pål J. K. Hansen (1996) 7. og 9. klassingers forståelse av vær og klimafenomener. I undersøkelsen av 9. klassingene er det med 7 påstander om drivhuseffekten hvor elevene skal sette et kryss ved det de mener er riktig. Her blir det regnet ut en samlet skåre for alle påstandene, og resultatene blir tolket som ingen, mangelfull eller tilfredsstillende kunnskap. På en del påstander hvor elevene skulle svare om de var riktig eller galt, fordeler feilsvarene seg som beskrevet i følgende tabell:

¹⁴ I en del av undersøkelsene er prosentangivelsene oppgitt med desimaler, på disse har jeg valgt å runde av tallene for å gi et litt mer ryddig inntrykk, da det ikke er desimalene jeg er ute etter å legge fram, men heller hvilke tendenser vi kan finne i elevenes svar.

Tabell 3: Elevers feilsvar på noen påstander om drivhuseffekten.

Påstand (riktig, r, eller gal, g, i parentes)	Elever med galt svar (%)
Drivhuseffekten beskytter oss mot ultrafiolett sollys. (g)	24
Freon (KFK) i spraybokser og kjøleskap kan ødelegge drivhuseffekten (g)	33
Drivhuseffekten skyldes ozongass (O ₃) i ozonlaget (g)	18
Drivhuseffekten skyldes karbondioksidgass (CO ₂) (r)	32
Økt forbrenning av kull, gass og olje fører til økt drivhuseffekt (r)	31
Drivhuseffekten er nødvendig for livet på jorda (r)	67

Hansen (1996) finner at bare 38 % av elevene viser tilfredsstillende kunnskap, de andre elevene forveksler eller blander sammen drivhuseffekten med effekten av ozonlaget.

The "greenhouse effect": Children's perception of causes, consequences and cures

Boyes og Stanisstreet (1993) har gjennomført en undersøkelse av engelske skoleelever i alderen 11 til 16 år, hvor elevene krysset av om de var sikre på at ulike påstander var riktige, om de trodde de var riktige (disse to kategoriene ble slått sammen under analysen), om de trodde de var gale eller om de var sikre på at de var gale (disse to kategoriene ble slått sammen under analysen), samt at de hadde mulighet for å krysse av på "vet ikke". Påstandene bygger på intervju av elever om deres oppfatning av problemet. De fleste elever er nokså sikre på at jorda vil bli varmere hvis drivhuseffekten øker. Dette synet er vanligere jo eldre elevene er. Det er også slik at jo eldre elevene er, jo større sjanse er det for at de svarer de vet at værmønsteret på jorda vil forandre seg hvis drivhuseffekten øker. Vi finner at mellom 36 % og 51 % av elevene ikke ser sammenhengen mellom varmere klima og ørkenspredning, ved at de har krysset av for "vet ikke" på denne oppgaven. Dette kan nok skyldes en forvirring som oppstår fordi de fleste er enige i at man vil oppleve mer flom, og at de finner det vanskelig at dette kan forenes med ørkenspredning¹⁵. Mellom 64 % og 77 % av elevene tror at flere folk vil få hudkreft på grunn av økende drivhuseffekt. Andre effekter noen elever mener er sannsynlig, er at det blir flere jordskjelv, at flere folk vil bli matforgiftet og at det blir usikkert å drikke vann fra springen. De to siste konsekvensene gir nok et uttrykk for frykten elevene kan føle for framtida. Selv om endring i klima kan føre til spredning av bakterier og sykdom som kan påvirke potensielle mat og vannkilder, vil nok kontroll og rensing føre til at faren for forgiftning er bortimot den samme som i dag.

Hvis vi ser på hva elevene tror fører til økt drivhuseffekt, finner vi at mellom 50 % og 75 % er kjent med at karbondioksid, gass fra råtnende avfall og gass fra kunstgjødsel bidrar til økt drivhuseffekt, mens mellom 70 % og 90 % av elevene sier at de vet at KFK gasser fra spraybokser øker drivhuseffekten KFK-gasser er drivhusgasser, slik at elevene som svarer dette har rett. Likevel må vi huske at KFK-gassenes netto bidrag til økning i drivhuseffekten er liten (fordi de bryter ned ozon, som også er en drivhusgass) og de har ikke blitt lansert som noe stort problem i forhold til global oppvarming. Det er derfor rimelig å anta at de

¹⁵ Hvis drivhuseffekten øker, vil værmønsteret på jorda endres, og vil bl. a. føre til ørkenspredning fordi det kan bli varmere og tørrere i de områder som allerede er varme og tørre.

høye tallene her faktisk skyldes en sammenblanding mellom hva som påvirker drivhuseffekten og ozonlaget. Andre forestillinger elevene kan ha er at generell forsøpling av naturen er en årsak, eller at radioaktivt avfall fra kjernekraftverk bidrar til en økning i drivhuseffekten. Noen mener at sur nedbør er en årsak.

Videre ser Boyes og Stanisstreet på hvilke tiltak elevene tror vil bremse økingen i drivhuseffekten. Over halvparten av elevene i undersøkelsen mente at det var en sammenheng mellom (over)forbruk av elektrisitet og at det vil hjelpe å benytte fornybare energikilder. Det er en mindre andel av elevene som mener at kjernekraftverk kan være med å redusere drivhuseffekten, og mange elever mener at det vil hjelpe å redusere det kjernefysiske våpenlageret. Mellom 70 % og 90 % av elevene er nokså sikker på at bruk av blyfri bensin vil bremse økingen i drivhuseffekten. Andre ideer noen elever har om faktorer som bremser økningene av drivhuseffekten er å spise sunn mat, holde strendene rene og verne sjeldne planter og dyr. Dette viser at mange barn har problemer med å skille ulike miljøproblemer og deres, til dels, overlappende årsaker. De antar dermed at all miljøvennlig handling vil hjelpe på alle miljøproblemer.

Ideas of Elementary Students about Reducing the "Greenhouse Effect"

En annen engelsk undersøkelse foretatt blant skolebarn i alderen 8 til 11 år følger samme opplegg som den ovennevnte undersøkelsen, men her ser de bare på hvilke ideer elevene har om reduisering av drivhuseffekten. (Francis et al. 1993) Her finner de at 86 % av den totale elevmassen tror drivhuseffekten vil bli redusert hvis man benytter blyfri bensin, og denne andelen er økende med økende alder. 70 % tror at den vil reduseres med færre kjernefysiske bomber i verden. Når elevene må ta stilling til om de tror det hjelper å benytte kjernekraftverk i stedet for kullkraftverk, er det 42 % som mener at dette er riktig, mens hele 34 % ikke vet om det er riktig. 60 % av elevene mener at det hjelper hvis sjeldne planter og dyr vernes. Totalt er det 85 % av elevene som mener at det hjelper å ikke bruke biler så mye. Det som er overraskende her er at denne prosentandelen synker dess eldre elevene blir, fra 92 % blant 8/9-åringer til 79 % blant 10/11-åringer. Noen forklaring på dette siste funnet blir ikke presentert. I denne undersøkelsen poengteres elevenes tilbøyelighet til å tro at enhver miljøvennlig handling påvirker alle miljøproblemer. Det pekes også på at elevenes alternative forklaringsmodeller er vanskelig å endre, derfor bør elevene tidlig presenteres for forskjellen på de ulike problemene. Mot dette kan innvendes at mange hevder at en slik fragmentering er årsak til dagens problemer, dvs. det at man ikke ser på verden som en helhet.

An Investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming

Rye et al (1997) har gjennomført en intervjuundersøkelse av 24 elever i 6., 7. og 8. klasse i USA. Elevene hadde først gjennomgått et undervisningsopplegg om global oppvarming. I starten av datainnsamlingen, da elevene ble fortalt at intervjuet skulle omhandle global oppvarming, lurte noen av elevene på om de mente drivhuseffekten. De viktigste alternative forestillingene som ble funnet var at nedbryting av ozonlaget ses på som den viktigste årsaken til global oppvarming, at aerosolsprayer inneholder KFK-gasser som ødelegger ozonlaget, og dette er den eneste måten KFK-gasser forårsaker global oppvarming. Karbondioksid ødelegger ozonlaget, og dette er den eneste måten karbondioksid forårsaker global oppvarming.

An Exploration of children's models and their use of cognitive strategies in regard to the greenhouse effect and the ozone layer depletion

I en gresk undersøkelse (Christidou 1994) er målet å kartlegge mulige forklaringsmodeller og bruk av kognitive strategier for å forstå mekanismene forbundet til drivhuseffekten og ozonlaget. Undersøkelsen baserer seg på intervju av 41 femte og sjette klassinger i Hellas. Elevene ble først presentert populærvitenskapelig informasjon om emnene, og undersøkelsen skulle gi et bilde av elevenes helhetsforståelse av de komplekse prosessene. For å forklare mekanismer bak global oppvarming benytter elevene fem forskjellige forklaringsmodeller. I den første beskrives karbondioksid og metan som gasser som danner et lag i en spesifikk høyde over jorda. Laget opptrer som et stort glass som slipper solstrålene inn, men hindrer dem i å komme tilbake til rommet. I den andre modellen er det metan og karbondioksid som danner et lag i atmosfæren i omtrent samme høyde som ozonlaget. UV-stråler kommer inn i atmosfæren gjennom ozonhullene og fanges i form av varme, av metan og karbondioksid laget. Dette forårsaker en temperaturøkning på jorda. Den tredje modellen forteller at karbondioksid og metan er to av atmosfærens ingredienser som er jevnt fordelt i den. De to gassene absorberer varme fra sola og hindrer at det går tilbake til rommet. På denne måten stiger jordas temperatur. I den fjerde modellen ser vi at elevene forbinder "drivhuseffekten" med et drivhus' funksjon. Det glass eller plastikk dekte drivhuset fanger varmen fra sola, som gir plantene mulighet til å vokse inne i det om vinteren. Den siste modellen beskriver drivhuseffekten ved at UV-stråler kommer inn i atmosfæren gjennom ozonhullene og er videre reflektert av jordas overflate og fanget av ozonlaget. Derfor varmer UV-strålene opp planeten.

Informasjonen om de to emnene ble gitt samtidig, og når elevene skulle gjenfortelle, var det bare 21 av de 41 elevene som trakk fram drivhuseffekten som en annen uavhengig sak. Man fant bl. a. at elevene blandet sammen hvilke gasser som bidrar til drivhuseffekt, og det var forvirring om hvilken effekt UV-stråler har på klima. Alle elevene som refererer til drivhuseffekten mener at den til slutt vil påvirke jordas klima, og nevner en del av de antatte konsekvenser dette kan få. Noen barn mener at drivhuseffekten vil påvirke vår helse og at enkelte arter vil bli utryddet som et resultat av de klimatiske konsekvensene. Sju av elevene som nevnte drivhuseffekten, mente at hovedårsaken er nedbryting av ozonlaget, ettersom flere UV-stråler kommer inn i atmosfæren gjennom ozonhullene, noe som bidrar til global oppvarming.

I denne undersøkelsen ble det også sett på elevenes bruk av metaforer. Man fant at elevene ofte benyttet metaforer for å forklare mekanismene, men elevene brukte ikke bare konvensjonelle metaforer (metaforer som benyttes av naturvitere), de fant også på nye metaforer. Karbondioksid og metan ble beskrevet som "glass", "dekke", "plastikk" eller "gass-lag" i atmosfæren "over" eller "rundt" jorda. Disse gassene danner "en usynlig vegg" som "hindrer", "fanger" eller "holder på" varmen. En av elevene sier (Elevsvar fra Christidou 1994):

Carbon dioxide together with methane form something like... they are like a glass around the earth and the rays of the sun can only come in and then they can't go away. Because methane is like a greenhouse and when the sun rays pass, they get trapped inside and then the heat rises.

There's a hole in my greenhouse effect

En engelsk intervjuundersøkelse (Fisher 1998) tar sikte på å undersøke i hvilken grad elever fra 11 år og oppover benytter vitenskapelige forklaringer i motsetning til hverdagsforklaringer når de skal beskrive ozonlaget og drivhuseffekten. Utgangspunktet er at naturfagun-

dervisningen skal gi elevene større evne til å forklare ulike fenomener, slik at hverdagsforestillinger må vike plassen. Fisher (1998) setter opp følgende oversikt for å forklare hva som skiller hverdagsforklaringer fra naturvitenskapelige:

Hverdagsforklaring	Vitenskapelig forklaring
Forstå ting på den måten de oppleves	Gå bak tingene slik de oppleves
Sosial interaksjon leder til konsensus	Debatter underbygger eller motbeviser motstridende meninger
Ord har flere betydninger	Begreper er klart definert
Meninger er avhengig av kulturelle grupper og kontekster	Begrepers mening er symbolsk og uavhengig av enkelte situasjoner
Motsigelser tolereres, logisk metode er ikke nødvendig	Streng logikk i nettverkene av begreper og teorier
Uklarheter, utbredt	Formalisert, spesialister

Figur 6: Hverdags- og vitenskapelige forklaringer.

Kunnskapen er her formalisert. I analysen deles elevene inn i fire grupper, 11/12, 13/14, 15/16 og 17+. Hovedkonklusjonen når det gjelder drivhuseffekten, hvor 96 elever deltok, er at hverdagsforestillinger synes å være sterkt gjeldende i tidlige år, og når sin topp ved slutten av den obligatoriske skolegangen, men viser så en markert nedgang ved alderen 17+. De vitenskapelige forklaringene øker jevnt med økende alder. Elevene bruker begrepet "forurensing" som en tilfredsstillende årsak for å forklare drivhuseffekten i tidlig alder, begrepet blir mindre populær med økende alder. Andelen elever som sier at atmosfæren fanger eller absorberer varme øker jevnt fra 0 % blant 11/12 åringene til 65 % blant aldersgruppen 17+. Andelen elever som nevner gasser, øker sakte i de tre første aldersgruppene, men gjør et sprang opp til den eldste gruppen, mens andelen som nevner karbondioksid spesielt øker fra 0 % i den yngste gruppen, via henholdsvis 6 % og 32 % i de mellomliggende gruppene til 53 % i den eldste gruppen. Kun to elever (begge i den eldste gruppen, som besto av 17 elever) trakk inn forskjellen mellom kortbølget stråling fra sola og langbølget stråling fra jorda. Når det gjelder andel elever som assosierer drivhuseffekt med nedbryting av ozonlag, fordeles dette seg som vist i følgende tabell.

Tabell 4: Andel elever som blander inn ozonhull som forklaring på økt drivhuseffekt.

Alder	11/12	13/14	15/16	17+
% av elever som nevner en ozonhullreferanse i forbindelse med økning i drivhuseffekten	0	53	55	29

Hovedkonklusjonen til Fisher når det gjelder både drivhuseffekt og ozonlag, er at elever har en betydelig naturvitenskapelig innsikt, med økende bruk av naturvitenskapelige ideer med økende alder, og med et markert hopp til gruppen 17+. Man kan vel sette spørsmålsteget ved bruken av definisjonen "betydelig naturvitenskapelig innsikt", når f.eks. bare to elever nevner forskjellen på kortbølget og langbølget stråling.

4.2 Elevers forståelse av ozonlagsproblematikken

Hva vet og hva mener elever om miljøproblemer? En undersøkelse ved overgang grunnskole – videregående skole

På assosiasjonstesten i van Marion (1990) sin undersøkelse nevner cirka 40 % av elevene freoner eller KFK-stoffer, cirka 65 % nevner ødeleggelse av ozonlaget. 36 % av elevene forbinder karbondioksid med ødeleggelse av ozonlaget, og 47 % nevner svoveldioksid som en faktor. 27 % av elevene svarer at de ikke forbinder noen av disse stoffene med ødeleggelse av ozonlaget (elevene kunne sette mer enn et kryss). En oppgave består av 5 utsagn om ozonlaget hvor elevene skal krysse av for ”riktig”, ”ikke riktig” og ”vet ikke”. Resultatene er gjengitt i tabellen nedenfor.

Tabell 5: Fordeling av riktig, galt og vet ikke svar på ulike påstander om ozon og ozonlaget.

<i>Påstand (Riktig, r, eller galt, g, i parentes)</i>	<i>Riktig</i>	<i>Galt</i>	<i>Vet ikke</i>
Ozonlaget befinner seg ca. 750 km over jordoverflaten (g)	17	29	54
Ozon kan forårsake skader på planter og dyr (r)	26	64	10
Ødeleggelsen av ozonlaget kan føre til at skader på planter og dyr oppstår (r)	94	4	2
Bruken av blyholdig bensin bidrar til ødeleggelse av ozonlaget (g)	63	27	10
Ozonlaget beskytter oss mot ultrafiolette stråler fra sola (r)	97	2	1

Miljø og utvikling i skolen

Hvis vi igjen ser på Mikkelsens undersøkelse (Mikkelsen 1994) finner vi at 15 % av elevene i 7. klasse forbinder KFK med gasser som påvirker ozonlaget og at denne andelen har steget til 39 % for 1. klasse i videregående skole. I forhold til Mikkelsens 2/3 grense, mener han at dette er alt for dårlig gjenkjent av elevene. 36 % av 7. klassingene svarer at KFK-gasser bidrar til å ødelegge ozonlaget, mens denne andelen stiger til 59 % hos de eldre elevene. På denne påstanden er antallet ”vet ikke” svar høyt, med henholdsvis 45 % og 30 % for de respektive klassetrinn. Noen av elevene på begge klassetrinn mener at påstanden ”ozonutslipp fra biler øker ozonlaget” er riktig, henholdsvis 13 % og 9 % i 7. og 1. klasse.

Third International Mathematics and Science Study

I boka ”Hva i all verden kan elevene i naturfag – oppgaver med resultater og kommentarer.” (Kjærnsli et. al. 1999), presenteres en del oppgaver med resultater fra TIMSS-undersøkelsen. Her presenteres en oppgave hvor elevene skal skrive en grunn til at ozonlaget er viktig for alt som lever på jorda, og svarene fordeler seg som vist i tabell 6:

Tabell 6: Fordeling av svar om betydning av ozonlaget. Tabellen er et utdrag av tabellen i Kjærnsli et. al. 1999.

	7. kl.	8. kl.	9. kl.
Riktige svar	53	70	65
Gale svar	39	25	26
Av de gale svarene: Beskytter mot varme	7	5	6
Refererer ubestemt til beskyttelse. (Alt levende vil dø. Det beskytter jorda/oss.)	11	7	6
Refererer til, eller blander sammen med O ₂ (Det er nødvendig for å puste.)	13	7	6

Norske elever vet en god del om hvorfor ozonlaget er viktig. Forfatterne poengterer at det i undervisningen er viktig å få fram at det er snakk om lavere konsentrasjon av ozon, at det er dette som menes med "ozonhull". Det er også viktig å få fram at det ikke er snakk om noe konkret lag av ozon. En flervalgsoppgave i testen spør om hvilken type solstråling som gjør oss solbrente. Her svarer henholdsvis 67 %, 82 % og 80 % av 7., 8. og 9. klassingene riktig. Dette er et godt resultat, men man viser også til at begrepet "UV-stråling" stadig blir nevnt, både i forbindelse med uttynning av ozonlaget og med faren for hudkreft. Den distraktoren som trekker til seg flest elever er "infrarød stråling". Hvis oppgaven formuleres som en åpen oppgave, har det vist seg at mange elever svarer "sterk stråling" eller lignende. Ultrafiolett stråling nevnes ikke av like mange når det ikke gis som konkret svaralternativ.

Children's ideas about the ozone layer and opportunities for physics teaching

En studie av engelske 12–13 åringer (Potts et al. 1996) viser for det første at det eksisterer uklarhet om hva ozonlaget består av. Det er få elever som kobler dette direkte til ozonmolekyler, de kaller det ganske enkelt gass eller luft, og enkelte tror faktisk at det består av UV-stråler. For det andre har mange vanskeligheter med å forstå at ozonhullene ikke er hull i bokstavelig forstand men en lavere konsentrasjon av ozonmolekyler. Når det gjelder årsaker til nedbryting av ozonlaget finner Potts et al. at en stor del av elevene blander sammen drivhuseffekten og miljøproblemer generelt. Mange tror at røyk, damp og utslipp (eksos) fra biler er årsaker til nedbryting, men det er også mange som vet at KFK-gasser er den store synderen. Det mange ikke vet er at i en rekke land så er det allerede forbudt å bruke KFK-gasser. Når det gjelder konsekvenser av ozonnedbrytingen mener store deler av elevmassen at dette fører til global oppvarming. Enkelte elever mener at man kan få pusteproblemer. En del elever trekker de ulike konsekvensene ut til det ytterste og tror at nedbryting av ozonlaget fører til død og utryddelse av alt levende på jorda, eller faktisk at jorda vil eksplodere.

The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage

I England er det gjennomført en studie på 1701 elever i alderen 11–16 år om deres ideer omkring nedbryting av ozonlaget (Boyes og Stanisstreet 1994). Gjennomføringen følger samme opplegg som for Boyes og Stanisstreet 1993 og Francis et al 1993. De viktigste funnene når det gjelder ozonlaget, er at rundt 70 % tror at ozonlaget er et gasslag høyt oppe i atmosfæren, at det beskytter jorda mot UV-stråler fra sola og at det har eksistert i lang tid. De dominerende misforståelsene skyldes sammenblanding med andre miljøproblemer. 40 % av de

Yngste barna tror at ozonlaget holder jorda varm, denne andelen er redusert til 20 % i den eldste gruppa. Det er faktisk elever som tror at ozonlaget er med å opprettholde jorda kjølig.

De fleste elevene i alle aldersgrupper er kjent med at KFK-gasser ødelegger ozonlaget, og de fleste kjenner også til forbindelsen med aerosoler. En noe mindre andel av elever er kjent med at gasser fra fryserer (50 % - 70 %) eller gasser som benyttes i produksjon av enkelte typer plastikk (55 % - 65 %) er skyld i nedbryting av ozon. Rundt 50 % av elevene mener at vulkanutbrudd ikke kan forårsake nedbryting av ozonlaget, mens omtrent 30 % svarer »vet ikke» på denne påstanden. Rundt 80 % av elevene i alle aldersgrupper mener at både røyk fra fabrikker og eksos fra biler er en årsak til nedbryting av ozonlaget, mens omtrent 60 % mener at radioaktivitet er en årsak. Omtrent 50 % av elevene i alle aldersgrupper mener at drivhuseffekten er en årsak til ozonnedbryting, og omtrent den samme andelen finner Boyes og Stanisstreet når elevene skal ta stilling til om ødeleggelse av regnskogen er en årsak. Rundt 40 % av de yngste elevene mener at havforurensing og sur nedbør er med og bryter ned ozonlaget. Prosentandelene her blir mindre dess eldre elevene er. Likevel er ikke de eldste elevene riktig sikker i forhold til sur nedbør da »vet ikke» gruppen her er noe større enn for de yngste elevene.

Når det gjelder konsekvenser av ozonnedbrytingen finner Boyes og Stanisstreet at fra 70 % til oppimot 90 % av elevene vet at mer UV-stråler vil nå jorda og at dette vil føre til mer hudkreft, mens bare rundt 50 % av elevene vet at det vil føre til mer øyeproblemer, men det er også mange »vet ikke» svar til denne påstanden. Det er få elever som tror at avlinger vil vokse raskere, mens mellom 60 % og 75 % tror at avlinger kan bli ødelagt av for mye UV-stråling. For begge disse påstandene blir andelen »vet ikke» svar større for de eldre elevene, og det er faktisk de yngre elevene som har flest riktige svar på den siste oppgaven. Rundt 40 % av de yngste elevene tror at noen konsekvenser kan være mer forgiftet fisk, mer sykdom og bakterier og at det blir usikkert å drikke vann. Andelen av elever som tror at dette er riktig synker ned mot 20 % for de eldste elevene. Fra 30 % av de yngste elevene til mindre enn 10 % av de eldste tror det vil føre til flere hjerteanfall, men her er »vet ikke» gruppen stor, slik at bare rundt 50 % mener at det ikke ville bli mer hjerteanfall. Rundt 80 % av elevene mener at drivhuseffekten vil bli større, og mellom 50 % og 60 % tror at det vil bli mer flom i verden.

An Exploration of children's models and their use of cognitive strategies in regard to the greenhouse effect and the ozone layer depletion

I Christidou (1994) beskrives tre modeller av elevenes forestillinger om ozonlagets funksjon. Den første, og vanligste, går ut på at ozon danner et lag høyt oppe i atmosfæren rundt jorda. Dette laget hindrer UV-strålene i å komme fram til jorda. Den andre er en modell av ozon som en av ingrediensene og jevnt fordelt i atmosfæren. Denne gassen stopper solas UV-stråler og hindrer dem i å nå jorda. Den tredje forestillingen er at ozon danner et lag 25 km over jorda og omgir sola, dette laget stopper UV-stråler fra sola. Når det gjelder nedbrytingsprosessen av ozonlaget beskrives fire ulike modeller. Den vanligste modellen går ut på at ulike gasser som frigis på jorda som et resultat av menneskelige aktiviteter, stiger opp i atmosfæren og når de når ozonlaget ødelegger de det enkelte steder og forsvinner videre ut i rommet. På denne måten dannes »ozon hull», altså områder er helt uten ozon. Den neste modellen forklarer at som et resultat av samreaksjonen mellom ozon og de skadelige gassene som frigis på jorda gjør at ozonkonsentrasjonen synker. Den tredje modellen går ut på at KFK-gasser som produseres på jorda stiger opp i atmosfæren. Når de når ozonet rundt sola ødelegger de det og lager hull i ozonlaget. I den siste modellen, beskrives en prosess hvor

"ozonhullene" dannes av skadelige gasser, som frigis på jorda. Disse "ozonhullene" er områder hvor ozonkonsentrasjonen minker eller, som noen sier, ozonlaget blir tynnere. (Denne modellen beskrives av 7 av 41 elever.) Elevene anser UV-strålene som kommer gjennom ozonhullene som svært sterke. De er derfor svært skadelige for alle levende organismer. I tillegg mener 38 av de 41 elevene at UV-stråler er ekstremt varme slik at de vil varme opp planeten.

Children's Model of Ozone Layer and Ozone Depletion

En intervjuundersøkelse blant 40 greske elever i femte og sjette klasse (Christidou og Kou-laidis 1996) prøvde å kartlegge hvilke forklaringsmodeller elevene benytter når de skal beskrive ozonets rolle i atmosfæren, ozonnedbrytingsprosessen og konsekvensen av ozonnedbryting. Fem ulike modeller presenteres i forhold til utbredelsen av atmosfærisk ozon og dets rolle. I to av modellene finner vi ozonet som danner et lag i stor høyde over jorda/høyt oppe i atmosfæren. Den ene forestillingen går ut på at UV-strålene stoppes av ozonlaget, dette forklares enten ved svekkelse, oppfangning eller absorpsjon av UV-strålene, eller ganske enkelt beskyttelse mot disse skadelige strålene. Den andre forestillingen er at ozonlaget reflekterer eller sprer UV-strålene slik at de ikke når jorda. I de to neste modellene forestiller elevene seg ozon som en del av atmosfæren og med en lik fordeling i hele atmosfæren. Her finner vi at en forestilling er at ozonet fanger UV-strålene slik at de ikke når jorda, og en forestilling er at ozonet reflekterer UV-strålene fra sola, mens varmestrålene passerer og når jorda. I den siste modellen finner vi en ide om at ozonet danner et lag 25 km over jorda, og at det omgir sola. Det stopper UV-strålene og beskytter levende ting fra dets ødeleggende effekt.

Når det gjelder nedbryting av ozonlaget beskrives tre ulike modeller. Den ene går ut på at ulike gasser som slippes ut på grunn av menneskelig aktivitet på jorda stiger opp i atmosfæren og ødelegger ozonlaget på enkelte steder og forsvinner videre ut i rommet. De fleste elevene nevner KFK-gasser, men mange nevner også karbondioksid, metan eller røyk generelt. Ozonhull ses her på som områder i atmosfæren helt uten ozon. Den andre modellen går ut på at ulike menneskeproduserte gasser som frigis på jorda, reagerer med ozonet, ødelegger det og endrer atmosfærens sammensetning. Ozonhull blir her tolket som en nedgang i ozonkonsentrasjonen i atmosfæren. Den tredje modellen beskrives også ved ulike menneskeproduserte gasser som i hovedsak slippes ut på grunn av menneskelig aktivitet og påvirker ozonlaget som omgir jorda. Ozonhullene forstås her som områder hvor konsentrasjonen av ozon minsker, eller som at laget med ozon blir tynnere.

I forhold til konsekvenser av ozonnedbrytingen er det identifisert fire ulike modeller. Den første modellen går ut på at flere UV-stråler, eller sollys, kan komme inn gjennom hullene i ozonlaget og nå jorda. UV-stråler ses vanligvis på som veldig sterke, og altså veldig varme, slik at de varmer opp planeten og smelter de polare isbreene. UV-stråler ses også på som svært skadelig for alle levende organismer. Den andre modellen beskrives ved at atmosfæren mister deler av sin kapasitet til å blokkere ut UV-stråler på grunn av at ozonkonsentrasjonen går ned. Derfor kan flere UV-stråler komme igjennom og ned til jorda. Disse strålene er beskrevet som delvis skadelig for planter og dyr, men også at de kan føre til en økning i jordas temperatur. I den tredje modellen finner vi en forklaring som går ut på at UV (eller skadelige)-stråler kommer uhindret gjennom hullene i ozonlaget rundt sola og når jorda. Strålene ses på som spesielt skadelig for menneskers helse. Den fjerde modellen over konsekvenser av ozonnedbrytingen går ut på at flere UV-stråler kan komme inn til jorda gjennom atmosfæren hvor ozonkonsentrasjonen har gått ned, eller der laget har blitt tynnere. Strålingen

beskrives som ekstremt farlig for menneskenes helse i tillegg til alle levende ting. I tillegg er UV-strålene veldig varme slik at de kan øke jordas temperatur og påvirke klimaet.

There's a hole in my greenhouse effect

På Fisher (1998 a) sin undersøkelse av engelske skoleelever var det 76 elever som svarte på spørsmål om ozonlaget. Her fant han at bruken av hverdagsforestillinger økte jevnt i aldersgruppene, med unntak av den eldste gruppa, altså elever over 17 år. Andelen vitenskapelige forklaringer er høyere for den yngste gruppa, enn for den nest yngste, mens den så stiger og er høyest for den eldste gruppa. Også her finner vi en nedgang med økende alder i forhold til "forurensing" som et brukbart forklaringsselement, men det er hele en femtedel av de eldste elevene som benytter denne forklaringen. Forståelsen for at "hullet" i ozonlaget slipper inn mer stråling øker fra 33 % i den yngste gruppa, til 81 % i den eldste, men at ozonhullene er polare er et generelt lite kjent poeng hos elevene. Andelen elever som nevner at det blir varmere, eller at isbreer smelter som konsekvens av nedbryting av ozonlaget er vist i tabell 7:

Tabell 7: Global oppvarming og ozonlag.

Alder	11/12	13/14	15/16	17+
% av elever som nevner "blir varmere" / isbreer smelter som et forhold i ozonlagsproblematikken	0	29	21	6

4.2.1 Årsaker til de ulike forestillingene

Som vi har sett, finnes det mange forestillinger om drivhuseffekt og ozonlag. Vi skal her peke på noen mulige årsaker til at elevene ser på drivhuseffekt og ozonlag som to sider av samme sak, eller hvorfor de har andre uriktige oppfatninger. Vanlige forestillinger som viser dette er bl.a. at økte mengder CO₂ kan føre til mer ozon i atmosfæren, eller det motsatte; ozonet blir ødelagt, dette kan igjen ses på som årsaken til global oppvarming. Drivhuseffekten vurderes som en beskyttelse mot UV-stråler, og freon eller KFK kan ødelegge drivhuseffekten, dette kan igjen føre til mer hudkreft blant menneskene. Hvordan kommer elevene fram til disse konklusjonene? Den enkle forklaringen er antagelig at dette er usynlige prosesser som starter med stråling fra sola og som foregår i atmosfæren. De samme gassene er til dels med i de to ulike prosessene. Vi kan skille ut sju forskjellige faktorer som kan være årsaker til at dette stoffet ikke nødvendigvis er lett tilgjengelig for alle. Denne gjennomgangen tar utgangspunkt i Christidou og Koulaidis (1996), men flere punkter blir tilført.

For det første mangler elevene forståelse for ulike typer stråling og egenskapene ved ulike bølgelengder. Hvis dette ikke ligger til grunn, blir det vanskeligere å forstå hvorfor den kortbølgete og energirike strålingen fra sola kommer inn gjennom atmosfæren og absorberes av jorda og alt som befinner seg på den. Her finner vi en ny mulig årsak til forvirringen: Elevene forstår ikke at den kortbølgete strålingen blir absorbert, og at alle ting sender ut langbølget, mindre energirik stråling, og at det ikke er snakk om refleksjon av den kortbølgete strålingen. Bruken av ordet "tilbakestråling" kan være en årsak, dette ordet kan lett assosieres med refleksjon av stråling. Fordi elevene ikke vet at det er to ulike typer, med ulike egenskaper, blir det også vanskelig å forstå at den langbølgete strålingen fra jorda blir stoppet i atmosfæren. Et annet poeng som elevene går glipp av er at UV-strålene kun utgjør ca 2 % av den totale energien i solstrålingen, slik at det er de biologiske effektene av UV-strålene vi er bekymret for, ikke deres oppvarmende effekt. Læreplanen i natur- og miljøfag for 10.

klasse, har et hovedmoment for dette: ”I opplæringa skal elevane bli kjende med døme på ulike slag elektromagnetisk stråling og kvardagsteknologi knytt til dei.” Selv om momentet ikke er knyttet til drivhuseffekt og ozonlag, bør dette kunne legge et godt grunnlag for å forstå forskjellen på disse to fenomenene.

For det andre finner vi en mangel på forståelse av hvordan UV-stråler stoppes av ozonlaget, og hvordan drivhusgassene fanger opp den langbølgete strålingen fra jorda. Hvis elevene var i stand til å skille mellom det faktum at ozonet absorberer UV-strålene, spesielt de med kort bølgelengde, og at annen solstråling med lengre bølgelengde slipper igjennom. Og at den langbølgete strålingen fra bakken blir absorbert av klimagassene i atmosfæren, og varmer opp denne og jordoverflaten, ble det nok lettere å se at det her er snakk om to forskjellige fenomener.

En tredje årsak kan være mangel på kunnskap om ozonets utbredelse, hva drivhusgasser er og utbredelse av disse, eller generelt atmosfærens sammensetning. En forståelse av at lufta, eller atmosfæren, består av en rekke ulike gasser, både de som finnes der naturlig, men også slike som er menneskeskapt, eller som finnes i større mengder p.g.a. menneskelig aktivitet, samt hvordan disse gassene fordeler seg i atmosfæren, kan være et viktig poeng. Spesielt for å forstå hva ”ozonlaget” og ”ozonhull” er, og for å skjønne forskjell på stratosfærisk og bakkenært ozon. En annen ting som slår meg, er at elevene kan ha vanskelig for å se for seg avstander, hvor høyt oppe er f.eks. 10 km, og hvor langt unna er egentlig sola? Eksisterer slike problemer, kan dette være en av årsakene til at alt blir bare en ”grå masse”, og vanskeliggjør et skille mellom hvor de ulike prosesser foregår. Et annet problem kan være den fokus CO₂ har fått som drivhusgass. Man kan tenke seg at CO₂ utelukkende kommer fra menneskelige utslipp. I tillegg har nok denne vektleggingen gjort at kunnskapene om andre drivhusgasser, kanskje spesielt rollen til vanddamp, er små. Som poengtert i forrige kapittel, er ”atmosfæren” som begrep ikke nevnt i læreplanen. Dette kan nok være en svakhet i forhold til å nå målet med at elevene skal bli kjent med drivhuseffekten og effekten av ozonlaget, da kunnskaper om de ulike gassene i atmosfæren er viktig for å få et riktig bilde av disse fenomenene.

Den fjerde årsaken vi kan peke på er at elevene ikke vet at drivhuseffekten er et naturlig fenomen og at den er nødvendig for livet på jorda. Elevene er ikke klar over at det er *økningen* i drivhuseffekten som er bekymringsverdig. Hvis elevene var klar over dette ville det kanskje være enklere å skille mellom de ulike drivhusgassene og å skille ut hvilke drivhusgasser som i stor grad påvirkes av menneskelig aktivitet, og at det (kanskje) er på grunn av menneskelig aktivitet at drivhuseffekten øker. Ikke minst er det viktig fordi drivhuseffekten faktisk er et naturlig fenomen som er nødvendig for livet på jorda. En av årsakene til at elevene kan ha denne oppfatningen, er at man ikke er konsekvent når man snakker om økningen i drivhuseffekten og omtaler det bare som drivhuseffekten.

Som femte årsak kan vi nevne elevenes mangel på evne til å skille mellom de ulike gassene som slippes ut p.g.a. menneskelig aktivitet, og hvilken virkning de ulike gassene har i atmosfæren. CO₂ kan lett tolkes som en KFK-gass fordi begge inneholder karbon. Elevene må bli bevisste på at KFK-gasser er menneskeskapt forbindelser som inneholder både klor, fluor og karbon, mens CO₂ er en naturlig forekommende gass som kun inneholder karbon og oksygen. Samtidig mangler elevene kunnskaper om på hvilken måte disse gassene fører til en økning i drivhuseffekten og en uttynning av ozonlaget. KFK-gasser er skadelig for ozonlaget fordi de er så stabile at de kommer helt opp i 15 – 25 km høyde, hvor kloratomene frigis og kan bryte ned ozon, samtidig som de skiller dette fra CO₂ sin egenskap som drivhusgass. En av årsakene til problemene med å forstå dette, kan være elevenes kunnskaper om kjemiske

symboler, oppbygging av gasser/stoffer, samt bruken av forkortelser. Dette kan belyses av en av TIMSS-oppgavene (Kjærnsli et. al 1999). Her skal elevene vise at de kjenner det hierarkiske forholdet mellom begrepene ”atomer”, ”molekyler” og ”celler”. Kun 14 %, 28 % og 39 % av henholdsvis 7., 8. og 9. klassingene får dette riktig. Feilsvarene indikerer at elevene har størst problem med å skille mellom atomer og molekyler, men også mellom atomer og celler.

Den sjette faktoren som jeg vil peke på her er elevenes mangel på spesielle kunnskaper om de enkelte miljøproblemer og det at elevene ser alle miljøproblemer under ett. Dette kan forhåpentligvis rettes ved at elevene får en bedre forståelse av de ovennevnte punktene, men også andre ideer sniker seg inn i elevenes oppfatning av drivhuseffekten og ozonlaget. En av disse er tanken om at blyholdig bensin både øker drivhuseffekten og bryter ned ozonlaget. Dette kan skyldes at elevene vet at blyforurensing er skadelig, men ikke på hvilken måte, og ser på dette i sammenheng med utslipp av CO₂ fra biler. Når det gjelder bruk av kjernekraft som reduserende faktor for utslipp av CO₂, har saken to sider. Elevene er kjent med at det er (til dels) store farer forbundet med kjernekraft, men ikke på hvilken måte, og kunnskap om at dette er ”renere” energi i motsetning til energi som produseres ved forbrenning av fossile brensler, til dels er fraværende. I tillegg må vi huske at det meste av energien her i Norge blir produsert av vannkraft, noe som ikke gir et like sterkt fokus på bruk av fossile brensler. Dette fører til at fokus i Norge når det gjelder utslipp av klimagasser, i stor grad kommer på biler og flytrafikken. Nå foregår det imidlertid diskusjoner om gasskraftverk her i landet også, slik at fokus nok er i ferd med å flyttes også mot slike utslippskilder.

Den sjuende og siste årsaken, som kanskje ligger over de andre årsakene for at elevene ikke lærer om drivhuseffekten og ozonlaget på en tilfredsstillende måte, er bruken av metaforer og modeller når disse fenomenene forklares. Herunder kan også nevnes elevenes evne til å bruke vitenskapelige termer for å forklare fenomener. Begge fenomenene er prosesser som ikke er synlige og må derfor forklares med modeller som lett blir for abstrakte for elevene. Det er snakk om gasser som vi ikke ser, om forskjellig type stråling som kun kan observeres med avansert utstyr og om effekter som vi ikke direkte kan merke eller se årsaker til. Navnet ”drivhuseffekt” er en metafor, og kan lett føre til forestillinger om at jorda er omsluttet av et glassaktig lag, at det ikke er snakk om konsentrasjoner av ulike gasser i et område rundt jorda. Begrepene ”ozonlag” og ”ozonhull” gjør det lett å se for seg et homogent lag, eller teppe, med konkrete hull i, se fig. 7:



Figur 7: "Hull" i "ozonlaget". (Kilde <http://www.uio.no/miljoforum/stral/t1/spek.shtml>)

Kort fortalt, de problemene som synes å være de viktigste årsaker til problemer med læring av drivhuseffekt og ozonlag er som følger:

- manglende kunnskaper om elektromagnetisk stråling.
- manglende kunnskaper om hvilke typer stråling ozonlaget absorberer og hvilke typer som absorberes av drivhusgassene.
- for dårlige kunnskaper om atmosfærens sammensetning.
- manglende kunnskap om at drivhuseffekten er naturlig og nødvendig for livet på jorda.
- for dårlige kunnskaper om ulike gasser og de kjemiske symbolene og forkortelsene som benyttes.
- for dårlige kunnskaper til å skille mellom forskjellige miljøproblemer, hva de skyldes, hvilke konsekvenser de kan få og hvordan man kan løse dem.
- for liten kunnskap om bruk av modeller og metaforer, og evne til å forstå dette i forhold til de aktuelle emner.

5. Forskningsprosjekt og metode

5.1 Problemformulering

På bakgrunn av teori og empiri som er presentert vil jeg nå formulere den endelige problemstillingen for denne oppgaven.

Vi har sett at miljøundervisning bør være en del av skolens læreplan fordi dette er viktige spørsmål befolkningen i et demokrati må kunne forholde seg til. Miljøspørsmål er også en god mulighet for å gjøre elevene kjent med forskningsfronten og hvordan man kommer frem til enighet i naturvitenskapelige spørsmål. Læreplanen i Norge (L97) legger stor vekt på miljøkunnskap hos elevene, og i 10. klasse er et av målene i natur- og miljøfag at elevene skal bli kjent med drivhuseffekten og effekten av ozonlaget.

Miljøundervisningen bør foregå slik at elevene kjenner igjen de ulike problemene, at de lærer å bruke riktige kilder for å skaffe seg informasjon om de enkelte problemene, slik at de kan ta stilling i de ulike debattene. Videre bør de også gjøres i stand til å kunne handle på de områder de mener det føres en gal politikk, eller der utviklingen går i gal retning. Alt dette gjør at jeg vil påstå det er vanskelig å kunne si noe om hva som er tilstrekkelig kunnskap om ulike emner, ut fra noen kunnskapstester, slik vi har sett gjennomført i noen av undersøkelsene som er presentert. Det er poengtert at en del detaljkunnskaper er nødvendig for å fullt ut forstå prosessene bak drivhuseffekten og ozonlaget, men *hvilke* kunnskaper som er nødvendig som grunnlag for holdningsdannelse, er det vanskelig å identifisere.

Man må heller prøve å finne ut noe om elevenes evne til å finne og tolke informasjon. Mange av undersøkelsene har vist at elevene ofte blander sammen drivhuseffekt og ozonlag, for så å peke på hvilke årsaker som ligger bak dette. Det viser seg ofte at det er mangelen på en del grunnleggende kunnskaper, som f.eks. kunnskaper om elektromagnetisk stråling, hva og hvordan atmosfæren er og hvordan atmosfæren er og om stoffers oppbygging og bruk av kjemiske symboler som er hovedproblemet når elevene skal forstå og forklare drivhuseffekt og ozonlag. På bakgrunn av dette blir problemstillingen som følger:

- Hvilke problemer har elevene når de skal forsøke å forstå og forklare drivhuseffekten og ozonlaget på grunnlag av gitt informasjon?

For å belyse denne problemstillingen har jeg benyttet meg av data fra generalprøven på PISA-undersøkelsen. En svakhet ved min analyse er at elevene som deltok i undersøkelsen ikke har fulgt L97, og dens fokusering på miljø. Likevel er den relevant fordi den sier noe om elevenes evne til å anvende gitt informasjon for å utlede svar på en del spørsmål.

Videre oppbygging av dette kapittelet blir som følger: Beskrivelse av PISA prosjektet (generalprøven av PISA i forhold til hovedundersøkelsen 2000). Så følger beskrivelse av metoden jeg benytter for å belyse problemstillingen. Til slutt kommer jeg med noen kritiske kommentarer til metoden som blir brukt.

5.2 Hva er PISA?

OECDs Programme for International Student Assessment,¹⁶ PISA, er et samarbeid mellom OECDs regjeringer for å få et bilde av utbyttet av utdanningssystemet i form av elevers oppnåelse innenfor et felles internasjonalt rammeverk. I Norge er arbeidet med prosjektet lagt til Institutt for Lærerutdanning og Skoleutvikling ved Universitetet i Oslo, med Professor Svein Lie som prosjektleder. Det som sies om PISA her, er hentet fra ”Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment” (OECD 1999).

Studien, som er i regi av OECD og er et samarbeid mellom 32 land, tar sikte på å undersøke hvor godt elever er forberedt på å møte fremtidens utfordringer, om de er kompetente til å analysere, argumentere og kommunisere sine begreper på en effektiv måte, og om de har kapasitet til å fortsette læringen gjennom livet. PISA studien fokuserer på 15 åringer, og hvordan utdanningssystemet i de deltakende land bidrar til at elevene skal kunne tilegne seg kunnskap gjennom hele livet for å kunne delta konstruktivt som borgere i samfunnet. PISA dekker fagområdene lesing, matematikk og naturfag, og hovedvekten legges ikke på mestring av skolens læreplan, men på viktige kunnskaper og ferdigheter i forhold til voksenlivet, altså naturvitenskapelig allmenndannelse. Testoppgavene er en blanding av flervalgsoppgaver og oppgaver hvor elevene selv må formulere svar. I tillegg svarer elevene på et spørreskjema for å kartlegge deres bakgrunn og interesser. Den første testen fant sted våren 2000, og vil videre fortsette hvert tredje år, hver gang med hovedvekt på et av de tre fagområdene.

Alle de tre fagområdene som PISA omfatter, refererer til fagområder i skolens læreplan, men vurderingen av elevenes kompetanse vil primært ikke legge vekt på hvor godt de mestrer læreplanenes spesifikke mål, men heller forsøke å fange inn hvor godt elevene har oppnådd bredere kunnskap og evner innenfor disse fagområdene, som de vil ha nytte av i voksenlivet. Det pekes på tre hovedgrunner for at tilnærmingen er så bred som dette:

- Selv om spesifikk kunnskap er en viktig del av læringen i skolen, avhenger bruken av disse kunnskapene i voksenlivet i sterk grad av individets tilegnelse av begreper og ferdigheter. For naturfaget sin del vil dette si at forståelse av brede begreper og emner, som for eksempel om jorda og miljøet eller kropp og helse, er viktigere enn detaljkunnskap om navn på spesielle dyr og planter, i forhold til saker som debatteres i voksne samfunn.
- En fokus på læreplaninnhold ville, i en internasjonal sammenheng, begrense oppmerksomheten mot læreplanmål som er felles for alle land, noe som igjen ville tvinge fram mange kompromisser slik at vurderingen ble for smal til å være av verdi for regjeringer som ønsker å se på styrker og nyvinninger innenfor læreplaner i andre land.
- Det er de brede, generelle ferdigheter som er viktig å utvikle for hver enkelt elev. Dette inkluderer kommunikasjon, tilpasningsevne (evne til å overføre kunnskap fra ett område til et annet), fleksibilitet, problemløsning og bruk av informasjonsteknologi.

Grunnlaget for OECD/PISA er en dynamisk modell for livslang læring, hvor nye kunnskaper og ferdigheter, som er nødvendig for en suksessfull tilpasning til stadig skiftende omstendigheter, tilegnes kontinuerlig gjennom livsløpet. Elever kan ikke lære alt de trenger å vite i

¹⁶ OECD står for Organisation for Economic Cooperation and Development (Organisasjonen for Økonomisk Samarbeid og Utvikling).

voksenlivet i skolen. Hva elevene lærer i skolen er en forutsetning for en suksessfull læring gjennom livet. Disse forutsetningene er både av kognitiv og motivasjonsmessig art. Elever må tilegne seg evnen til å organisere og regulere sin egen læring, til å lære uavhengig av andre og i grupper, og å vinne over problemer i læringsprosessen. Dette fordrer at de er kjent med sine egne tankeprosesser og læringsstrategier og metoder. De må altså lære å lære, og lære å forstå at læring er viktig og nyttig.

PISA skiller seg fra andre internasjonale tester på flere punkter. Det er regjeringene i OECD-landene som har tatt initiativet til testen, den skal gjennomføres med jevne mellomrom for å kunne si noe om fremgangen i sentrale læringsmål. Aldersgruppen omfatter unge mennesker på slutten av obligatorisk skolegang. Den viktigste forskjellen er kanskje kunnskapene og ferdighetene som testes. Dette defineres ikke primært ut i fra et sett fellesnevner i nasjonale læreplaner, men ut fra hvilke ferdigheter som anses for essensielle i livet i fremtiden. Skolens læreplaner er tradisjonelt konstruert på bakgrunn av en viss mengde informasjon og teknikker som skal mestres. Tradisjonelt fokuserer de mindre på ferdigheter som skal utvikles innen hvert (fag)område for generell bruk i voksenlivet. De fokuserer kanskje enda mindre på mer generell kompetanse som utvikles på tvers av læreplanen, til å løse problemer og bruke sine begreper og forståelse på situasjoner en møter senere i livet.

Denne vektleggingen skyldes delvis landenes ønske om å utvikle en Human capital (OECD 1999 s. 11):

The knowledge, skills, competencies and other attributes embodied in individuals that are relevant to personal, social and economic well-being.

Ved å direkte teste kunnskaper og ferdigheter ved slutten av den grunnleggende skolegangen, tester PISA i hvilken grad unge mennesker er forberedt på voksenlivet, og til en viss grad, effektiviteten av utdanningssystemet. Ambisjoner er å måle oppnåelse i relasjon til de underliggende målene (som defineres av samfunnet) i utdanningssystemene, ikke i relasjon til undervisning og læring av en viss mengde kunnskap. Slike autentiske resultatmål er nødvendige hvis skoler og utdanningssystem skal oppmuntres til å fokusere på moderne utfordringer.

Som tidligere nevnt, tar PISA sikte på å kartlegge kunnskaper og ferdigheter innen fagområdene lesing, matematikk og naturfag. Den videre ”beskrivelsen” av PISA prosjektet vil dreie seg om mål og innhold av naturfagdelen, og senere mer spesifikt om området ”naturfag på jorda og i miljøet”.

Begrepet ”literacy”, eller naturvitenskapelig allmenndannelse, benyttes som en betegnelse for ønsket kunnskap og ferdighet innenfor de ulike fagområdene. Scientific literacy blir av OECD/PISA definert på denne måten (OECD 1999 s. 60):

Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity.

Scientific Literacy måles i forhold til:

- Naturvitenskapelige prosesser, med fokus på evnen til å tilegne seg, tolke og handle i forhold til evidens.
- Naturvitenskapelige begreper, som gjør det mulig å forstå ny kunnskap ved å knytte den til hva vi allerede kan.

- Naturvitenskapelige situasjoner ("setting") valgt fra menneskers hverdagsliv i stedet for naturvitenskapelig praksis i et klasserom eller laboratorium, eller arbeide til profesjonelle naturvitere.

Med dette som utgangspunkt er det utviklet et måleinstrument for naturfagdelen av PISA som legger føringer for utforming av oppgaver og vurdering av elevenes respons til disse. Vi skal her se nærmere på hvilke tanker som ligger til grunn for utvikling av naturfagoppgavene. En viktig egenskap for unge mennesker er evnen til å kunne trekke tilstrekkelige og kontrollerte konklusjoner fra evidens og informasjon de presenteres for, de må kunne å kritisk vurdere påstander andre personer kommer med på grunnlag av evidens, og skille mellom meninger og evidensbaserte utsagn.

I forhold til de naturvitenskapelige prosessferdigheter er det lagt vekt på følgende i PISA-undersøkelsen:

- Gjenkjennelse av naturvitenskapelig testbare problemstillinger.
- Identifisering av nødvendig evidens i en naturvitenskapelig undersøkelse.
- Trekke konklusjoner fra gitte data, eller evaluere konklusjoner.
- Gi uttrykk for valide konklusjoner basert på tilgjengelig evidens og data.
- Demonstrere forståelse av naturvitenskapelige begreper.

Naturvitenskapelige begreper gjør det mulig å forstå nye erfaringer ved å relatere dem til det vi allerede vet. I PISA benyttes fire kriterier for å bestemme hvilke naturvitenskapelige begreper som skal testes:

- De må være relevante i hverdagslivet.
- De må være relevante gjennom et helt liv.
- De må være relevante i de situasjoner hvor man ønsker å belyse naturvitenskapelig allmenndannelse.
- Begrepene må kunne kombineres med de utvalgte naturvitenskapelige prosesser.

På grunnlag av kriteriene for utvalg av prosesser og begreper sitter man med en liste over viktige naturvitenskapelige områder, hvor punktet "atmosfæriske forandringer" er det som favner om min problemstilling, og videre en anvendelse av begrepene på temaene "forurensing" og "vær og klima".

Det tredje aspektet, naturvitenskapelige situasjoner, tar for seg settingen, eller situasjonen, som oppgavene presenteres innenfor. I valg av situasjoner er det viktig å huske at formålet med naturfagtesten er å måle elevenes evne til å benytte tilegnede ferdigheter og kunnskaper etter de obligatoriske skoleår, slik at situasjonene må gjenspeile livet generelt og ikke begrenses til skolehverdagen. Situasjoner fra den virkelige verden involverer problemer som kan påvirke oss som individer, medlemmer av et lokalsamfunn eller som verdensborgere. Hver av oppgavene krever bruk av en eller flere av prosessferdighetene som er listet opp, og noe naturfaglig kunnskap. Oppgavene opptrer som en serie med spørsmål omkring et materiale som presenterer en situasjon fra det virkelige liv. Til sammen tester spørsmålene mer enn en prosessferdighet og ett naturfaglig begrep. Dette er gjort blant annet for å gjøre oppgavene så realistiske som mulig ved å reflektere noe av kompleksiteten i virkelige situasjoner.

5.2.1 PISA generalprøve og PISA hovedundersøkelse 2000

Som sagt, ble generalprøven på PISA gjennomført våren 1999. Målet med generalprøven var å finne hvilke oppgaver som fungerte best for å si noe om hvordan elevene er rustet for en livslang læring. Kodingen av elevsvarene dannet grunnlag for den endelige kodingen av svarene på hovedundersøkelsen. I tillegg fikk man prøvd ut hvordan testen skulle gjennomføres på best mulig måte.

Mange av elevsvarene er kortere eller lengre skrevne svar. For å kunne sammenligne disse med hverandre, og for å kunne behandle dem statistisk må disse svarene kodes. På generalprøven hadde man koder med ett siffer. Etter oppfordring fra den norske prosjektledelsen, ble det utviklet et to-siffer kodesystem for hovedundersøkelsen. Det første sifferet angir elevenes skåre (poeng) på oppgaven, mens det andre sifferet identifiserer svarets innhold. Dette er en fornuftig bruk av koder, for det første fordi man da kan få mer systematisert informasjon om elevenes misoppfatninger, vanlige feil og ulike tilnærminger for å løse problemer. For det andre gir to-siffer systemet mulighet for en mer strukturert presentasjon av kodene ved at de tydelig indikerer det hierarkiske nivået i gruppene av koder.

I Norge ble PISA undersøkelsen gjennomført 27. mars til 15. april 2000. 176 skoler med til sammen 4147 elever deltok. De første internasjonale rapporter vil foreligge november/desember 2001, samtidig gis også de første norske rapportene ut. Disse vil gi en oppsummering av de viktigste funnene. Oppdatering finnes på <http://www.ils.uio.no/forskning/pisa/index.html>

5.3 Metode for å belyse min problemstilling.

I denne oppgaven vil videre analyse basere seg på datamaterialet fra den norske generalprøven på PISA, hvor omkring 115 elever har svart på samme oppgave. Dette, i tillegg til at det er en gjennomgående trend at mange elever ikke har svart på de åpne oppgavene, gjør at antall faktiske svar blir forholdsvis lite. På grunn av dette er det mulig å se nærmere på hvert enkelt av elevsvarene. Ved å gjøre dette kan en finne noe om hvilke oppfatninger om drivhuseffekt og ozonlag som faktisk fins ute blant elevene, og i en studie som denne er det nettopp dette som er interessant. Videre kan man ta utgangspunkt i disse oppfatningene og se på hva årsakene til disse kan være, og hvordan man kan bli bevisst og legge opp undervisningen slik at man unngår feiloppfatninger. I forhold til det som er sagt her blir det mest interessant å se på elevers feilsvar. Interessen vil i mindre grad dreie seg om hvor mange elever som har riktig svar, altså totalskåre på hver enkelt oppgave eller for hver enkelt elev. Dette skjer i andre undersøkelser, for eksempel i PISA sin hovedundersøkelse, hvor utvalget er mer representativt for hele populasjonen. Selvfølgelig kan antall riktige svar si noe om elevenes oppfatning også i min undersøkelse, men dette blir underordnet analysen av hvert enkelt svar. Selv om materialet er forholdsvis lite, er det fornuftig å gruppere de ulike svarene, gi dem forskjellige koder, da mange av svarene går igjen blant elever, men man kan også være raus i forhold til antall ulike koder for å skille ut nyanser i svarene, slik at det i noen kodegrupper havner bare noen få elever. En slik behandling av data vanskeliggjør videre statistisk analyse, men som sagt er dette underordnet i denne studien.

Jeg vil benytte et tosiffer kode system, hvor det første sifferet sier om svaret er riktig eller galt, mens det andre sifferet sier noe om innhold i svaret. Man kan skille mellom ulike målenivå for dataene. Målenivået bestemmer hva slags regneoperasjoner som kan utføres med kodetallene under analysen. Ved å dele svarene inn i riktig å galt, får man en såkalt dikoto-

mi, en variabel med to verdier. For dikotomier er spørsmålet om målenivå ikke relevant (Hellevik 1991), slik at man kan behandle disse dataene ut fra hvilket nivå man måtte ønske. Som sagt, er ikke dette målet med denne studien. Det andre sifferet i kodene sier noe om svarets innhold, dette blir derfor data på nominalnivå, en merkelapp for de ulike svarene, noe som muliggjør enkle frekvensfordelinger. Det er i hovedsak dette jeg vil benytte i analysen, for å kunne si noe om de ulike funn, og eventuelle årsaker til disse.

Denne metoden for analyse er vanskelig å putte inn i en bestemt "metodebås". At problemstillingen skal bestemme metoden, kan man vel si seg enig i, og ut fra dette kan man skille mellom ulike typer problemstillinger. Et hovedskille går mellom oppdagende (Her opererer Hellevik (1991) med betegnelsen "beskrivende", som jeg synes er mer dekkende, og derfor også vil bruke, i stedet for "oppdagende".) og forklarende undersøkelser. I en beskrivende undersøkelse er formålet i hovedsak å kartlegge eller beskrive et bestemt fenomen, mens en forklarende undersøkelse forsøker å gi svar på hvorfor et bestemt fenomen eksisterer.

Min studie vil, i første rekke, være en beskrivende undersøkelse. Hva en studie skal forsøke å beskrive, kan deles inn i tre grupper. Den første er beskrivelse av strukturer eller fenomener. Den andre er beskrivelse av ulike fordelinger, mens den tredje er beskrivelse av ulike endringer. Ut fra dette er min studie en beskrivende undersøkelse av et spesielt fenomen, nemlig elevers oppfatning av globale atmosfæriske miljøproblemer. De analysemåtene som i første rekke anbefales for en slik type studie, er bruk av verbale modeller og illustrerende deskriptiv statistikk. Data for denne typen analyse anbefales innsamlet ved for eksempel uformell intervjuing. Innsamlingsmetoden som ble brukt i generalprøven på PISA kalles av Hellevik (1991) en gruppeenquête, hvor flere respondenter besvarer spørreskjemaet hver for seg, under oppsyn av en forsker. Det som skiller mellom ulike former for intervju og enquête er hva slags situasjon en har når spørsmålene stilles. Man kan da, i tillegg til gruppeenquête skille mellom personlig intervju (ansikt-til-ansikt-kontakt mellom intervjuer og respondent), telefonintervju og postenquête (respondenten mottar spørreskjemaet i posten). Den type åpne oppgaver som jeg bruker i min analyse, kalles av Hellevik, et uformelt opplegg, et spørsmål hvor respondenter selv skal formulere svaret. Hellevik ser både fordeler og ulemper med en slik type spørsmål, man unngår at respondenter velger et tilfeldig alternativ for å slippe å si "vet ikke". Og han tvinges ikke inn i en bestemt form når han skal uttrykke sine meninger. Ulempene er for det første merarbeidet med databehandlingen, videre kan svaralternativ som gjøres kjent for respondenter bidra til å klargjøre innholdet av et spørsmål, og mulighetene til å sammenligne ulike respondentes svar økes ved at svaralternativene gjerne bidrar til å etablere en felles referanseramme som spørsmålet besvares ut fra.

Et vanlig skille har tradisjonelt gått mellom kvalitative og kvantitative metoder for dataanalyse, og disse to typene er ofte stilt i motsetning til hverandre (Dale et. al. 1992). Dette begrepsparet brukes i mange forskjellige betydninger for å skille mellom analysemetoder. I Dale et. al. (1992) refereres en liste over hvilke ulike betydninger dette begrepsparet har blitt brukt. Begrepsskillene er delvis overlappende, men ingen er identiske. Fra denne lista kan jeg identifisere (minst) seks ulike betydninger som kan dekke min dataanalyse. Nemlig at begrepene kvalitativ og kvantitativ skiller mellom:

- Utforskning av enkelttilfeller i motsetning til undersøkelser som omfatter mange enheter.
- Ustrukturerte intervjuteknikker i motsetning til strukturerte spørreskjema.
- Undersøkelser som sikter mot å kartlegge klassifikasjoner og kategorier i motsetning til numeriske optellinger.

- Framstillinger som bruker et verbalt språk i motsetning til et matematisk språk.
- Analyse av variabler på nominalnivå i motsetning til "høyere" målenivåer.
- Analyse som utføres ved hjelp av papir og blyant i motsetning til maskinell databehandling.

Ut fra dette kan jeg si at analysemetoden min er kvalitativ i følge punkt 3, 4, 5 og 6, og kvantitativ i følge punkt 1 og 2. Det er derfor umulig å kalle denne formen for dataanalyse rent kvantitativ eller rent kvalitativ. I boka "Metode på tvers" (Dale et. al. 1992) argumenteres det for at ulike analyseteknikker kan kombineres for at man best mulig skal finne svar på sine problemstillinger.

5.4 Gjennomføring av undersøkelsen.

Våren 1999 deltok jeg i prosjektgruppa i PISA i Norge. Arbeidet i gruppa gikk da ut på oversetting av oppgaver fra engelsk til norsk, produksjon av oppgavehefter, pakking, organisering og gjennomføring av generalprøven. Da dette var gjort, var jeg også med på koding av elevsvarene.

Generalprøven på PISA ble gjennomført i siste halvdel av april 1999. Det deltok til sammen 1034 elever, fordelt på 39 skoler i Akershus, Hedmark, Rogaland og Telemark. Alle elevene var født i 1983, slik at det også deltok noen elever fra 9. klasse, men de aller fleste gikk i 10. klasse. Skolene ble valgt ut i fra beliggenhet i forhold til testadministratorenes hjemsted (Oslo, Brumunddal, Stavanger og Skien), og et enkelt tilfeldig utvalg¹⁷ ble trukket fra hver av skolene. Testen ble ikke gjennomført på nynorsk skoler. Generalprøven besto av ni ulike hefter med oppgaver, slik at omtrent (1034:9≈) 115 elever gjennomførte testen med akkurat samme oppgaver. Fem hefter var fra fagområdet lesing, ett fra matematikk, ett fra naturfag og to var hefter med blandede oppgaver. I tillegg skulle elevene fylle ut et hefte med bakgrunnsinformasjon. Det var tre forskjellige varianter av dette heftet. Testen på hver skole ble ledet av personer fra PISA-gruppa, såkalte testadministratorer. Først var det en felles gjennomgang av hvordan arbeidet med heftene skulle foregå. Elevene fikk så x minutter på første del av hefte, hvorpå det fulgte en fem minutters pause, videre hadde de x minutter til heftets andre del. For at de elever som ble raskt ferdig ikke skulle forstyrre de andre, fikk disse gå direkte over på spørreskjemaet, som i utgangspunktet var berammet til x minutter.

5.4.1 Utvelging av oppgaver og valg av koder for elevsvar.

Da jeg skulle velge hvilke oppgaver jeg ville se nærmere på, valgte jeg for det første kun å se på oppgaver med åpne svar, i tillegg var jeg mest interessert i oppgaver som gikk på de fysiske og kjemiske egenskapene som er aktuelle når det gjelder miljøproblemer knyttet til drivhuseffekten og ozonlaget. Oppgaver som handler om disse fenomenene, men som i PISA blir benyttet til f. eks å se om elevene kan lese sammenhenger mellom ulike grafer, påvise en problemstilling eller andre "mål", ble valgt bort. Etter at utvelgelsen var over, satt jeg igjen med 12 oppgaver jeg ville analysere.

¹⁷ Alle elever på skolen, født i 1983 ble gitt hvert sitt nummer, hvorpå en tilfældighetsmetode trekker ut det på forhånd bestemte antallet (i dette tilfelle 30) elever som skulle delta i testen. Ved en slik form for utvelging har alle elever samme sjans for å komme med i utvalget.

Det første jeg gjorde, var å skrive alle de åpne svarene inn på data, slik at jeg fikk en første oversikt over svartendensene, videre brukte jeg tid på hver enkelt oppgave, og lagde svarkategorier ut fra elevsvarene (jeg lagde altså ikke kategorier på bakgrunn av spørsmålene og hvilken type svar man ønsket.) Dette ble gjort for å fange opp alle relevante sider ved elevenes svar, og for å kunne se på samsvar mellom – i første rekke- feilsvarene.

Generalprøven ble blant annet brukt for å teste ut de ulike kodene for åpne svar. Kodingen av elevsvarene ble utført av en "kodegruppe" som i stor grad besto av folk som jobba med prosjektet til daglig. Kodene som var laget før gjennomføringen baserte seg på elevsvar fra en forundersøkelse, og var en-siffer koder. I flere av oppgavene er det ikke samsvar mellom kodegruppa, eller det opprinnelige kodesystemets, plassering av enkelte elevsvar, og min plassering av disse svarene. Der dette er tilfelle, har jeg forklart årsaken til at min fordeling av elevsvar, er som den er.

5.4.2 Generelle forklaringer til kodesystemet.

Jeg bruker et tosiffer system på kodene hvor det første tallet sier noe om graden av riktighet, mens det andre sifferet sier noe om forskjeller innenfor de ulike kategoriene. En slik bruk av koder, ble utviklet for koding av åpne oppgaver i TIMSS-undersøkelsen (Lie et. al 1997). For å få innsikt i hvordan elevene har tenkt, hvilke løsningsstrategier de har brukt, og eventuelle alternative forestillinger, var det viktig at oppgavene ikke ble kodet bare for riktig eller galt. Et tosifret kodesystem ivaretar den diagnostiske informasjonen som elevens svar gir. Første siffer, eller graden av riktighet, er den samme for alle oppgavene. Vanligvis brukes tallene 1, 2, 7 og 9. Koder som begynner på 7 defineres som feil svar. Ofte kan det være interessant å se på ulike feilsvar, om det f. eks er en oppfatning som går igjen hos flere elever, svarene skilles da med siffer nummer to, og det oppgis i tabellen hva de enkelte kodene står for. Kode 9 brukes på svar som kan erklæres for "ikke svart". Det er alltid 90 som betyr "Vet ikke", "?" eller såkalte "off-task" svar, altså tulle svar som ikke har med oppgaven å gjøre. I tillegg er det kode 99 som indikerer at eleven ikke har skrevet noen ting. Når det gjelder koder for riktige svar brukes som sagt vanligvis 1 og 2 som første siffer. Når dette er tilfellet betyr 2 at svaret er mer riktig enn et svar med kode 1, som altså betyr delvis riktig. I tilfeller hvor høyere siffer benyttes, er det de svar med høyest siffer som er mest riktig. Også for de riktige svarene benyttes noen ganger flere andre-siffer for å skille mellom ulike fremstillinger av svaret. Dette forekommer oftest på de delvis riktige svarene.

Som sagt har omtrent 115 elever svart på hver av oppgavene, når vi legger sammen antall elever som har fått kode 99 (blank) og deler på antall oppgaver analysen min bygger på, finner vi at i gjennomsnitt er det 41 elever som ikke har svart på hver enkelt oppgave, og gjør vi det samme med kode 90 ("vet ikke", "?" eller "off-task") blir tallet 6. Det vil si at i gjennomsnitt mangler svar fra 47 elever på hver oppgave, noe som i seg selv er et høyt tall. Dette forteller oss at kunnskapene om drivhuseffekt og ozonlag, eller evnen til å finne evidens i tekst og figurer om disse temaene, ikke er svært høye.

5.5 Metodekritikk

En svakhet ved denne undersøkelsen er at spørsmålene til elevene ikke er laget med tanke på problemstillingen, de er valgt ut fra et sett med allerede eksisterende oppgaver. Grunnen til dette er at i arbeidet med en slik hovedoppgave kan det være lurt å være med på et prosjekt for å lære litt om hvordan det arbeides for å gjennomføre en stor undersøkelse. Likevel er

dette oppgaver som belyser min problemstilling, fordi alle har noe med elevens tilegnelse av kunnskap om drivhuseffekt og ozonlag å gjøre.

Det kan også sies at en mer tradisjonell kvantitativ analyse av resultatene ville gitt et sikrere bilde på elevenes kunnskaper på disse områdene, dette er ikke blitt gjort blant annet fordi det er en stor andel av ikke svart på disse åpne oppgavene som jeg har valgt ut, og fordi det i PISA sin hovedundersøkelse vil komme bedre resultater enn jeg kunne kommet frem til her. De oppgavene som ikke har fungert godt i generalprøven er ikke med i hovedundersøkelsen, slik at en del av de oppgavene jeg har brukt ikke er representative for å forklare elevenes kunnskaper om disse fenomenene i en mer generell sammenheng. Men som sagt er hovedmålet med min undersøkelse av dataene å påvise hvilke forestillinger som kan forekomme hos elevene, og finne eventuelle årsaker til disse, slik at en statistisk behandling av dataene heller ikke er noen målsetting. Derfor mener jeg at utvalget av oppgaver, og metoden for analyse er relevant i forhold til den aktuelle problemstillingen.

Generelt kan det sies om gjennomføringen av testen at den totale tiden ble for lang for at elevene skulle holde motivasjon og konsentrasjon oppe. I tillegg var det svært mye tekst til oppgavene, noe som etter hvert sannsynligvis tok motet fra mange elever, og kanskje spesielt fra svake elever. En annen ting jeg merket meg, var at mange elever ikke tok testen spesielt alvorlig, fordi den var anonym, og ikke ville få noen konsekvenser for elevenes karakterer. Disse faktorene kan nok alle ha vært en medvirkende årsak til at antallet blanke svar er såpass høyt på mange av oppgavene.

5.5.1 Validitet og reliabilitet

Ved dataanalyse må man ta hensyn til dataenes validitet, at man måler det man vil måle, og undersøkelsens reliabilitet, som sier noe om påliteligheten i et mål. I denne analysen kan dataenes validitet svekkes ved at det er vanskelig å trekke slutninger om elevenes forståelse fra slike enkeltstående oppgaver, blant annet fordi teksten kan misforstås av elevene. Den teoretiske gjennomgangen på forhånd, og funn fra andre undersøkelser, er her med på å underbygge elevforståelsen som jeg mener å ha identifisert. Med reliabilitet menes ofte indre konsistens, hvor godt en samleskåre for mange oppgaver, sier noe om kunnskapsnivået hos elevene. I denne undersøkelsen er dette ikke aktuelt, fordi jeg ikke opererer med noen samleskåre. Det er her mer snakk om en såkalt sensorreliabilitet. Det vil si at reliabiliteten kan påvirkes av hvordan jeg som "koder", eller sensor, har oppfattet elevenes svar. Elevene kan ha ment noe annet enn hva jeg legger i svarene, og burde kanskje hatt andre koder enn hva jeg har gitt dem.

6. Resultater

I dette kapitlet kommer en gjennomgang av de oppgavene jeg har valgt å se nærmere på, i alt 12 oppgaver. I heftene er oppgavene samlet i ”clustre”¹⁸. Hvert cluster har en overskrift og gjerne en innledende tekst og figurer. Videre følger flere oppgaver knyttet til teksten. Noen ganger kommer en ny tekst etter noen oppgaver innenfor et cluster, eller oppgaver som gir ny informasjon som brukes i senere oppgaver.

Fremstillingen av oppgavene jeg har analysert kommer i rekkefølge, etter hvilket hefte de sto i, videre presenteres de ulike clusters tekster og figurer (som er relevante for oppgaven), før jeg sier litt om hvilke egenskaper man i PISA-undersøkelsen ønsker å måle med oppgaven (prosessmål), samt oppgavens tema og setting. Videre ser jeg på på hvilken måte jeg finner oppgaven relevant for min problemstilling. Videre kommer en tabell over de ulike kodene jeg har valgt å tillegge oppgaven, og antall elever som har fått de ulike kodene (frekvens). Etter dette følger en gjennomgang av de ulike kodene, og kommentarer til disse. Ettersom ingen av oppgavene har samme nummer i heftene, bruker jeg det oppgavenummeret de har fått i sitt hefte når oppgavene omtales. Tabell 8 gir en oversikt over hvilke oppgaver som er valgt ut.

Tabell 8: Oversikt over hvilke oppgaver som er analysert.

Oppgave nr	Ser på elevenes kunnskaper om	Delkapittel
41	Temperaturøkning og sykdomsutvikling.	6.1.1
42*	Skogens betydning for mengden karbondioksid i atmosfæren.	6.1.2
56	Mais som fornybar ressurs.	6.1.3
26*	Dannelse av ozon.	6.2.1
31	Nedbrytingen av ozonlaget sin virkning på næringskjeder i havet.	6.2.2
4	Elektrisitetsproduksjon.	6.3.1
5	Karbondioksidets bidrag til den globale oppvarmingen.	6.3.2
6	Partikler i atmosfæren sin påvirkning på den globale gjennomsnittstemperaturen.	6.3.3
32	Forskjell på UV-stråling i troposfæren og stratosfæren.	6.3.4
33	Kloratomenes nedbryting av ozon.	6.3.5
35	Stoff som absorberer UV-stråler.	6.3.6
67*	Faktorer som kan påvirke økningen i jordatmosfærens gjennomsnittstemperatur.	6.3.7

¹⁸ I noen av tekstene eller oppgavene som gjengis her, forekommer det små skrivefeil. Disse finnes ikke i elevheftene, men skyldes problemer i redigeringsprogrammet for scannet tekst. Der det har vært skrivefeil i elevheftet, oppgis dette i teksten.

De oppgavene som i tabell 8 er merket med *, er de som ble med i hovedundersøkelsen av PISA 2000. Det at kun tre av de tolv oppgavene jeg har analysert ble med videre, tyder på at vanskelighetsgraden på de ni andre har vært forholdsvis høy. De oppgavene som ikke har blitt med videre, kan ha vært så kompliserte at elevene ikke har forstått spørsmålet fullstendig. De kan likevel ha noe kunnskap om deler av dette, men det blir vanskelig å finne noe å "henge" kunnskapen på.

6.1 Hefte 1

I hefte 1 er det oppgaver fra både lesing, matematikk og naturfag. 115 elever svarte på spørsmålene i hefte 1.

6.1.1 Spørsmål 41 om jordas temperatur

JORDAS TEMPERATUR

Les følgende tekst og svar på spørsmålene.

ØKNING AV TEMPERATUREN PÅ JORDA

I løpet av det siste århundret har gjennomsnittstemperaturen i jordas atmosfære økt. I aviser og tidsskrifter blir utslippet av karbondioksid ofte oppgitt som hovedårsaken til denne temperaturøkningen.

Spørsmål 41: JORDAS TEMPERATUR

Temperaturøkningen på jorda kan også få konsekvenser for forekomsten av en del sykdommer. Selve utviklingen av sykdommer i kroppen ventes ikke å bli påvirket av temperaturøkningen på jorda. Så snart temperaturen på jorda har steget tilstrekkelig, vil likevel sykdommer som malaria, gulfeber og tropefeber kunne forventes å spre seg til land hvor de i dag nesten er ukjente.

Forklar hvorfor sykdommer som malaria, gulfeber og tropefeber kan forventes å spre seg som et resultat av temperaturøkningen på jorda.

Figur 8 : Innledende tekst og spørsmål om jordas temperatur (Kilde: PISA hefte 1)

Prosessmålet med oppgaven er demonstrering av kunnskap og forståelse. Temaet er økosystemer, og settingen er naturvitenskap i liv og helse. Denne oppgaven er aktuell for min del, fordi det er forståelse og kunnskaper om konsekvenser av økt drivhuseffekt som testes ut. For å få riktig svar må eleven ha med at disse sykdommene bæres/spres av insekter, og ved høyere gjennomsnittstemperatur på jorda vil disse insektene kunne leve over et større område.

Tabell 9: Elevers svar på spørsmål om temperaturøkning og sykdomsutvikling.

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
20	Sykdommene overføres av insekter eller parasitter. Disse insektene kan leve over større områder hvis klimaet blir varmere.	10	9
10	Sykdommene overføres av insekter eller parasitter (dyr).	2	2
70	Bakterier og/eller virus vokser/formerer seg i varmen.	14	12
71	Sykdommene/smitten liker seg i varme land.	13	11
72	Sykdommen/smitten sprer seg med et varmere klima.	20	17
73	Flere steder vil bli varme.	3	3
74	Sykdommer som forårsakes av varmen.	7	6
75	Andre forklaringer, skyldes på en eller annen måte temperaturen.	14	12
76	Gjentakelse fra teksten.	3	3
79	Andre feil/forklaringer.	1	1
90	"Vet ikke" eller off-task.	2	2
99	Blank	26	23

Generelt kan det sies at dette er en forholdsvis godt besvart oppgave, hvor bare 28 elevsvar kan erklæres for "ikke svart". Kode 20 har jeg gitt til 10 av elevene, mens kodegruppen kun har gitt denne kode til 5 elever. Jeg har latt tvilen komme tiltalte til gode, og plassert f.eks. *"jo for da trives myggen flere steder fordi det er varmt"* i denne gruppa, fordi eleven viser at han vet det er sykdommer som bæres/spres av mygg. To elever er gitt kode 10, disse har også fått med at dette er sykdommer som spres av parasitter eller insekter, men har ikke skrevet at leveområdene for disse blir større ved et varmere klima. Det er godt mulig elevene er klar over dette. Her ser vi en tendens jeg har merket meg i min praksis som lærer: Elevene er svært glad i å skrive korte svar, og dropper slike "innlysende" ting i sine forklaringer.

Jeg har delt inn feilsvarene i ganske mange kategorier, for å skille ut nyanser i svarene. Elevene som har fått kode 70 mener at dette er virus- og bakteriesykdommer som trives bedre i varmen, at f.eks. bakteriene formerer seg raskere. De har altså ikke fått med aspektet om at disse sykdommene spres av insekter. Elevsvarene som har fått kode 71 inneholder en tanke om at sykdommene liker seg i varme land, mens kode 72 påpeker at sykdommen vil spre seg med et varmere klima. Forskjellen mellom kode 71 og 72 er altså at elevene som har fått kode 72, i tillegg til å si at sykdommene trives i et varmere klima, også har skrevet at de vil spre seg med en økt global gjennomsnittstemperatur. Jeg vil også her påpeke elevenes tendens til å skrive korte svar, 13 elever har ikke skrevet noe om spredning av sykdommene ved et varmere klima, mens det er nærliggende å tro at de tenker på dette når de formulerer svaret sitt. Det samme gjelder for kode 73. Her har elevene kun skrevet at flere steder blir varme, og ikke sagt noe om utbredelse av sykdommer. Til sammen har 36 elever fått kode 71, 72 eller 73.

Kode 74 er gitt til elever som mener at dette er sykdommer som direkte skyldes varmen, som f.eks. hetslag. Disse elevene har ikke lest oppgaveteksten godt nok, her er det spesifisert hva slags sykdommer man tenker på. Det må påpekes at gulfeber og tropefeber ikke er kjente sykdommer for nordmenn, slik at elevene muligens kobler "feber" til en økt temperatur. Det står også i teksten at utviklingen av sykdommer i kroppen ikke ventes å bli påvirket av

temperaturøkningen, men det er ikke sikkert at elevene forstår hva denne formuleringen betyr? Jeg har også laget en kode, 75, for de elevene som bruker varmen som forklaring, men ulike årsaker, f. eks at det er vanskeligere med god hygiene. Elevene som har fått kode 76 har gjentatt fra teksten, slik som: "Temperaturøkningen på jorda kan også få konsekvenser for forekomsten av en del sykdommer" og "Fordi selve utviklingen blir ikke påvirket av temp. økningen og det forventes at det sprer seg til andre land der den er ukjent". disse kunne nok gått inn under kode 79, men er kanskje med å fortelle noe om elevenes evne til å formulere svar selv. Egen erfaring fra skolen, viser at elevene er svært glad i å gjenta svar direkte fra en tekst.

I Boyes og Stanisstreet (1993) sin undersøkelse fant man at noen elever tror at flere folk vil bli matforgiftet, og at det blir utrygt å drikke vann fra springen ved en økt global gjennomsnittstemperatur. Disse elevene er nok inne på samme tanke som en del av "mine" elever, med at f. eks lagring av mat blir vanskeligere ved økte temperaturer, bl. a. på grunn av bedre leveforhold for mange bakterier. Også i Christidou (1994) sin undersøkelse fant man at flere elever mente at økt drivhuseffekt vil påvirke helsen vår.

6.1.2 Spørsmål 42 om jordas temperatur

Spørsmål 42: JORDAS TEMPERATUR

I 1997 og 1998 var det enorme skogbranner i Indonesia. Disse brannene førte til en svak økning av mengden karbondioksid i atmosfæren. En av grunnene til dette er at forbrenning av organisk materiale avgir karbondioksid.

Nevn en annen grunn til at tapet av skoger vil skape en økning i mengden av karbondioksid i atmosfæren.

Figur 9: Spørsmål om jordas temperatur.

Prosessmålet med denne oppgaven er demonstrering av kunnskap og forståelse. Temaet er energioverføringer og settingen er Naturvitenskap på jorda og i miljøet. Selv om temaet er energioverføringer, er dette en oppgave som i høyeste grad er aktuell for å kunne si noe om elevenes forståelse av prosesser som er medvirkende årsak til økt drivhuseffekt. For å få riktig på denne oppgaven, må elevene gi et svar som indikerer at de vet at med mindre skog vil det foregå mindre fotosyntese, som gjør at mindre karbondioksid vil bindes opp, det vil derfor være mer fritt karbondioksid i atmosfæren.

Tabell 10: Elevenes svar på spørsmål om skogenes betydning for mengden karbondioksid i atmosfæren.

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
20	Fordi trær forbruker/omdanner karbondioksid. Mindre trær vil gjøre at kapasiteten til å omdanne karbondioksid blir mindre. (Nedgang i hvor stor grad fotosyntesen kan foregå.)	17	15
10	Skogen bruker CO ₂ til å produsere O ₂	18	16
70	Trær produserer oksygen.	17	15
71	Trærne renser lufta.	5	4
72	Svar som gjentar et eller annet om brann. Gjentakelse av tekst.	10	9
79	Andre feilsvar.	10	9
90	"Vet ikke" eller off-task.	2	2
99	Blank.	36	31

I PISA-kodehefte gis kun en kode for riktig svar. Jeg velger å ha en kode for helt riktig svar, og en kode for delvis riktig svar, dette for å få frem nyanser i elevenes forklaringer. Elevene som har fått kode 20, har fått med at med mindre skog blir det tatt opp mindre oksygen fra atmosfæren. Elever som har fått kode 10, har et svar som sier at skogen bruker CO₂ til å lage O₂. Mange av disse elevene mener sannsynligvis at dette betyr mer CO₂ i atmosfæren når skogen brenner ned, men de har ikke skrevet dette, noe som er en forutsetning for å få topp skåre. Vi er igjen inne på elevenes evne til å gi fullstendige og utfyllende svar. Her kan nok spørsmålsstillingen være en medvirkende årsak til at elevene svarer kort. Hadde de f.eks. blitt bedt om å forklare i tillegg til bare å nevne en grunn, kunne svarene blitt mer utfyllende. I TIMSS undersøkelsen fant man at de norske elevene gjorde det klart bedre enn det internasjonale gjennomsnittet på de åpne oppgavene (Lie et al. 1997). Dette kan nok skyldes en tradisjonell motstand mot bruk av flervalgsoppgaver i vurderingssammenheng her i landet, slik at åpne svar oppgaver er mer vanlig for norske elever. Samtidig må det også sis at de åpne oppgavene var mer krevende, og ga generelt en lavere løsningsfrekvens.

Elever som har fått kode 70 har gitt svar hvor hovedvekten ligger på oksygenproduksjon og nevner ikke karbondioksid i svaret sitt. Også her kan vi, ut fra teksten og spørsmålsformuleringen, anta at en del av elevene er klar over sammenhengen mellom mindre skog, mindre oksygenproduksjon og mer karbondioksid i atmosfæren. De elevene som har fått riktig eller delvis riktig svar, til sammen 35 elever, utgjør sammen med elevene med kode 70 (til sammen 52 elever) nesten halvparten av elevene som har deltatt på denne oppgaven. Alle disse elevene har mer eller mindre gitt svar som antyder at de forstår sammenhengen mellom oksygenproduksjon og karbondioksid-konsentrasjon. Dette vil si at mange av elevene har rimelig gode kunnskaper på dette området. Fem elever har fått kode 71, disse elevene har skrevet at skogen renser lufta. Disse fem elevene kommer fra tre forskjellige skoler, noe som kan tyde på at det er vanlig å benytte en forklaring som går ut på at "skogen renser lufta" i undervisningen. Ti elever har fått kode 72. Disse har feilsvar hvor de sier et eller annet om brann, røyk eller har en gjentakelse fra teksten.

Svarene som er gitt kode 79, andre feilsvar, varierer mye, noen av disse kan trekkes frem. To av elevene er inne på noe riktig: *"Når ikke stoffet får være i trærne "drar" det opp i stratosfæren?"* og *"Trærne tar (sikkert) opp mye karbondioksid fra jorda slik at de kan leve og dermed når trærne brenner slipper "karbondioksidet" i trærne løs og ut i atmosfæren"*. To

andre svar trekker inn ozonlaget: ”Uten skog blir det ingen oksygen og der blir det hull i ozonlaget” og ”Fordi trærne beskytter ozonlaget”, dette indikerer at noen elever anser drivhuseffekt og ozonlag som to sider av samme sak. I denne oppgave er ozonlag ikke nevnt, faktisk har ikke elever med hefte nr. 1 gjort noen oppgaver som omhandler ozonlaget. Så de har ikke plukket opp ideen fra oppgaveheftet.

I denne oppgaven skulle man tro det var naturlig å nevne fotosyntesen som begrep, både for elever med svar som faller inn under kode 20, 10, 70 og 71, til sammen 57 elever. Det viser seg imidlertid at bare 11 av disse (samt et svar under kode 73) bruker dette begrepet.

6.1.3 Spørsmål 56 om mais

MAIS

Hollender bruker mais som brensel i ovnene sine

Friesland - Et par kubber med nesten oppbrent ved brenner lunt i ovnen i utstillingsrommet til bygningsentreprenør Auke Ferwerda fra den hollandske provinsen Friesland. Fra en papirsekk ved siden av ovnen tar han en håndfull mais og legger i flammene. Ilden blusser straks opp. "Se her," sier Ferwerda, "ovnsvinduet holder seg rent og klart, forbrenningen er fullstendig." Ferwerda blir poetisk ved tanken på at mais kan forandres fra dyrefor til brensel. Dette er framtida, slik han ser det. Hvis han får det som han vil, blir det framtida for mange andre også.

- 10 Ferwerda påpeker at mais i form av dyrefor også er en slags brensel. Kyr spiser mais og får energi av det. "Men", fortsetter han, "å selge mais som brensel
- 15 kan bli mye mer lønnsomt for bøndene enn å selge det som for." Som brensel har mais store fordeler: "Det er renere enn naturgass. Prisen på en 25 kilos
- 20 sekk med mais er mellom 7 og 9 Euro, noe som er mye billigere enn gass eller kull." Det er av denne grunn man planlegger å bruke mais som brensel.
- 25 Med det forbrenningssystemet som ble utviklet var det mulig å oppnå en effekt på 90%. Til sammenlikning er denne effekten aldri mer enn 16% ved åpen ild,
- 30 og i vanlige ovner ligger den på maksimalt 80%. Gradvis har Ferwerda blitt overbevist om at på lang sikt vil mais bli mye brukt som brensel. Han forestilte seg
- 35 hvordan det skulle foregå: innhøsting, lagring, tørking og pakking av kornet i sekker til dem som har en av ovnene hans. Men det viste seg at det ikke var så lett
- 40 å få patent for et så vanlig produkt som mais. Hvem som helst annen kunne stikke av med ideen hans. Nå undersøker Ferwerda om kanskje hele planten kan brukes
- 45 som brensel, men disse forsøkene er ennå ikke fullført. Da han satte i gang med prosjektet
- sitt, støtte han på et problem: miljøet er gjenstand for økende
- 50 oppmerksomhet, og lovgivningen som har med dette å gjøre, blir stadig mer omfattende. Det Ferwerda ikke helt forstår, er hvorfor man viser så stor
- 55 interesse for karbondioksid. Karbondioksid blir sett på som årsaken til drivhuseffekten. For Ferwerda er det ikke noe galt med karbondioksid. Snarere tvert
- 60 mot, argumenterer han, karbondioksid blir absorbert av planter og trær som omdanner det til oksygen for menneskene. "Dette er et jordbruksområde, og
- 65 bøndene dyrker mais. Dette kornet har en lang vekstperiode, absorberer mye karbondioksid og produserer en stor mengde oksygen. I tillegg er det slik at
- 70 mais inneholder mye olje. Forbrenningsvarmen ligger et sted mellom den varmen tre og kull gir. Forsøk som er utført av Landbruksrådet har bevist dette."
- 75 Ferwerdas planer kan være på kollisjonskurs med ønskene til regjeringen, som faktisk forsøker å redusere utslippene av karbondioksid. "Jeg var redd for
- 80 det," sier Ferwerda, "men det er mange forskere som hevder at karbondioksid ikke er hovedårsaken til drivhuseffekten."

Figur 10: Innledende tekst om MAIS

Spørsmål 56: MAIS

Linje 75-79 viser at Ferwerda ser ut til å frykte statens mulige restriksjoner når det gjelder utslipp av karbondioksid fra ovnene hans ved brenning av mais. Det er imidlertid mer sannsynlig at statens restriksjoner vil ramme utslipp av karbondioksid fra brennstoff som kull og naturgass.

Tenk deg at du vil skrive et brev til redaktøren i avisen som publiserte artikkelen "Hollender bruker mais som brensel i ovnene sine".

Du begynner brevet ditt slik:

Kjære redaktør! Når jeg leser artikkelen "Hollender bruker mais som brensel i ovnene sine" slår det meg at Ferwerda er redd for at staten vil ha innvendinger mot utslippene av karbondioksid nkr det brennes mais i ovnene hans. Jeg tror denne frykten er ubegrunnet. Staten vil være glad for det initiativet som Ferwerda har kommet med, for økologisk sett er konsentrasjonen av karbondioksid i lufta mye større ved forbrenning av kull eller naturgass enn ved forbrenning av mais. Et argument for dette er ...

Skriv ferdig brevet. Prøv å ikke bruke mer enn 30 ord. Ordet "fornybar" bør være med i svaret ditt.

Figur 11: Spørsmål 56 om mais i hefte 1.

Prosessmålet med denne oppgaven er kommunisering, temaet er fysiske og kjemiske forandringer, og settingen er naturvitenskap på jorda og i miljøet. Selv om prosessmålet i første rekke er kommunisering/formidling, må også elevene kunne trekke konklusjoner om at karbondioksidutslippene ved brensel av mais (biobrensel) er mindre problematisk fordi dette er karbon som har en kort omløpstid i sin syklus, slik at den ikke utgjør noe i forhold til atmosfærens totale mengde av karbondioksid, en såkalt fornybar energikilde. Det motsatte er tilfelle for fossile brensler, her blir mye karbondioksid sluppet ut på en gang, dette er karbon som er lagret over millioner av år, og vil derfor bidra til økning av mengden karbondioksid i atmosfæren. Elevene må altså ha kjennskap til hva begrepet "fornybar" innebærer, da dette er oppgitt som et "hint" i oppgaven. Denne oppgaven er i høyeste grad også en oppgave som tar for seg atmosfæriske endringer. For å få riktig svar må elevene få med at kull og naturgass ikke er fornybare energikilder, og at karbondioksidet som slippes ut ved forbrenning av mais, forholdsvis umiddelbart blir brukt av f.eks. ny mais som vokser. Dette er mer eller mindre opplyst i teksten, og elevene bør derfor kunne få med dette poenget. I PISA sitt kodehefte er det også lagt vekt på formuleringen av svaret, da dette skal være et brev til en avisredaktør. Jeg velger å se bort fra om elevene har en presis formulering, da dette er underordnet i min undersøkelse.

Tabell 11: Elevenes kunnskaper om mais som fornybar ressurs.

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
20	Karbondioksidet som frigjøres ved forbrenning av mais, absorberes av nye maisplanter som dyrkes, den oppholder seg i atmosfæren over en kort periode.	4	4
10	Mais er en fornybar energikilde som kan komme igjen år etter år, mens kull og gass trenger millioner av år for å dannes.	3	3
11	Mais er fornybart. Er en fornybar energikilde. Uten videre (riktig) forklaring.	13	12
12	Mais er en fornybar energikilde, noe kull og naturgass ikke er.	3	3
13	Mais gir mer forbrenningsvarme pr. kg enn f. eks kull.	2	2
71	Fordi det forurenses mindre.	4	4
79	Andre feil.	16	14
90	"Vet ikke" eller off-task	6	5
99	Blank	63	55

Generelt vil jeg si at dette er en forholdsvis vanskelig oppgave, noe vi kan se av antall "ikke svart" som er hele 69 elever (kode 90 og 91), dvs. at bare 45 elever har svart på oppgaven. Etter den forholdsvis lange innledningsteksten til clusteret "Mais", følger åtte oppgaver i både lesing, matematikk og naturfag, før denne oppgaven kommer. Dette kan både bidra til at elevene er godt kjent med teksten og dens innhold, men også at de er lei teksten, eller at svarene i noen av de andre oppgavene har forvirret dem, slik at de svarer på noe annet enn det de faktisk blir spurt om. Her har jeg valgt å dele inn i riktig svar og delvis riktig svar. Grunnen til dette er at elever som har fått delvis riktig svar har fått med noen vesentlige poenger i motsetning til de som har fått feil svar.

Fire elever har fått full skåre på denne oppgaven, det vil si at de har trukket riktige opplysninger fra teksten. Eksempel på dette er: *"er at dette er fornybar energi, olje og kull brukes opp, men det gjør ikke mais. Dessuten fjerner maisen karbondioksid når den lages."* Kode 10 er gitt til de svarene der elevene skriver om forskjellen mellom fornybar og ikke fornybar ressurs som at dette er ressurser som henholdsvis kommer igjen hvert år og som dannes over i løpet av mange millioner år. Dette er riktig, men er ikke det viktigste poenget i svaret på denne oppgaven. Kode 11 har jeg gitt til de som sier at mais er en fornybar ressurs, dette er jo riktig og er det vesentlige ved oppgaven, men de får ikke full skåre fordi de ikke sier noe om hva de mener med en fornybar ressurs. Jeg skiller disse fra elever som i tillegg nevner at kull og naturgass ikke er en fornybar ressurs (kode 12). De to elevene som har fått kode 13 har skrevet at mais gir mer forbrenningsvarme enn f.eks. kull, noe som er riktig og som er et godt argument for at mais skal benyttes som brensel i stedet for kull. På samme måte som for kode 11 er heller ikke dette det viktigste poenget i svaret på oppgaven. I feilsvarene finner vi mange ulike typer svar, men 4 av dem skiller seg ut, ved at elevene skriver at forbrenning av mais forurenses mindre enn forbrenning av f. eks kull og naturgass.

En elev skriver at vi må passe oss mot å bryte ned ozonlaget (dette er en av de elevene som også nevnte ozonlaget i oppgave 42). En annen av elevene skriver: *"Men allikevel tror jeg at det ikke går, fornybar jord må jo til."* En annen sier: *"hvis vi går over til mais som forbrenningsavfall kan vi dra stor nytte av maisen som er forbrent, kan blandes i maten til grisene. Derfor er maisen nesten fornybar etter brenselen."* Atter en skriver: *"at maisen ikke er for-*

nybar, men det er heller ikke naturgass bensin eller noen andre energikilder. Så hvorfor ikke slenge litt mais i ovnen. Det er kjempepraktisk. Siden maisen allerede er tørket kan man også lage popcorn av den viss man er sulten.” En elev foreslår ”*at mais er godt og spise fornybart om sommeren!*”, og en elev skriver ”*at det vil bli mye mer lønnsomt for bøndene å selge mais som brensel enn mat nå har det blitt fornybar.*” Alle disse utsagnene har det til felles at de viser liten forståelse for riktig bruk av begrepet ”fornybart” i denne sammenhengen. I Boyes og Stanisstreet (1993) sin undersøkelse, fant man at halvparten av elevene mener at bruken av fornybare energikilder vil bremse økningen av drivhuseffekten.

6.2 Hefte 2

I hefte 2 er det også oppgaver fra både lesing, matematikk og naturfag. 110 elever har svart på oppgavene i dette heftet.

6.2.1 Spørsmål 26 om ozon

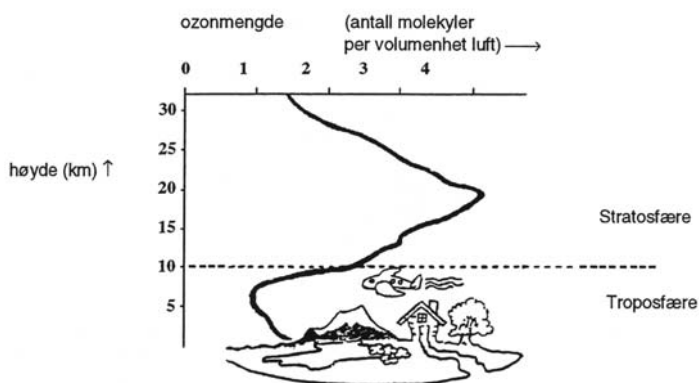
OZON

Les følgende del av en artikkel om ozonlaget.

Atmosfæren er et hav av luft og en dyrebar naturressurs med tanke på å opprettholde livet på jorda. Dessverre forårsaker menneskelig aktivitet basert på nasjonale eller personlige interesser, skade på denne felles ressursen. Dette skjer særlig ved å bryte ned det sårbare ozonlaget som virker som et beskyttende skjold for livet på jorda. Ozonmolekyler består av tre oksygenatomer, i motsetning til oksygenmolekyler som består av to oksygenatomer. Ozonmolekyler er uhyre sjeldne: Mindre enn ti for hver million luftmolekyler. Likevel, i nesten en milliard år har deres tilstedeværelse i atmosfæren spilt en avgjørende rolle for beskyttelse av livet på jorda. Ozon kan enten beskytte eller skade livet på jorda, avhengig av hvor det finnes. Ozon i troposfæren (opp til ti kilometer over jordas overflate) er «dårlig» ozon, som kan skade lungevev og planter. Men omtrent 90 % av ozonet som finnes i stratosfæren (mellom 10 og 40 kilometer over jordas overflate), er «godt» ozon, som spiller en fordelaktig rolle ved å absorbere farlige ultrafiolette (UV-B) stråler fra sola. Uten dette fordelaktige ozonlaget ville menneskene vært mer mottakelige for enkelte sykdommer som skyldes virkningen av ultrafiolette stråler fra sola. Nedbryting av ozonlaget kan også ødelegge næringskjedene i havet på grunn av den skadelige effekten UV-B har på plankton.

OZONDIAGRAM

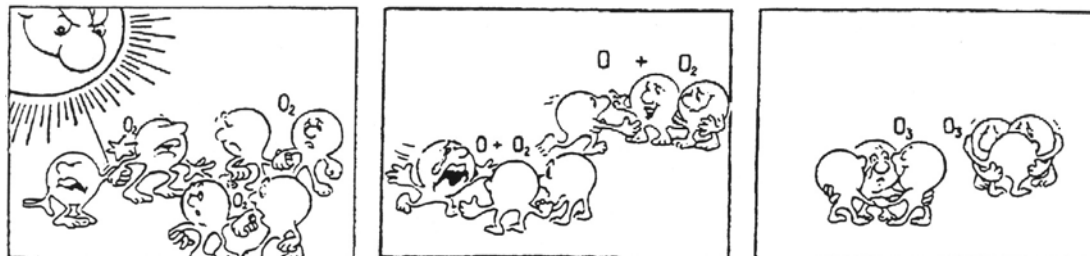
Se på den tykke streken i følgende diagram som viser fordelingen av ozonmolekyler i atmosfæren.



Figur 12: Innledende teks og figur om ozon.

Spørsmål 26: OZON

I teksten over er det ikke sagt noe om hvordan ozon dannes i atmosfæren. Faktisk så dannes det noe ozon hver dag, mens noe ozon forsvinner. Måten ozon dannes på, er illustrert i følgende tegneserie.



Tenk deg at du har en onkel som forsøker å forstå hva som menes med denne tegneserien. Han har imidlertid ikke fått noe naturfagundervisning på skolen, og han forstår ikke hva forfatteren av tegneserien mener. Han vet at det ikke finnes små menn i atmosfæren, men han lurar på hva disse små mennene representerer, hva de rare betegnelseene O, O₂ og O₃ betyr, og hvilken prosess som blir illustrert i tegneserien. Han ber deg om å forklare ham dette.

Skriv en forklaring til tegneserien for onkelen din.

Figur 13: Spørsmål om ozon.

Prosessmålet med denne oppgaven er i første rekke formidling av kjemiske og fysiske forandringer, og settingen er naturvitenskap på jorda og i miljøet. I tillegg er det også her snakk om å kunne identifisere evidens og kartlegge kunnskap (f.eks. hva betegnelseene står for). Ettersom settingen her er atmosfæriske forandringer, er dette en interessant oppgave for min del, for å se i hvilken grad elevene fyller disse målene når det gjelder dette temaet. Denne oppgaven er også godt egnet til å si noe om elevenes evne til å omsette metaforer til vitenskapelige utsagn.

Riktig svar på denne oppgaven krever at elevene forklarer at oksygenmolekyler (O₂), splittes til oksygenatomer (O) av sollyset, og videre at oksygenatomene slår seg sammen med oksygenmolekyler og danner ozon (O₃).

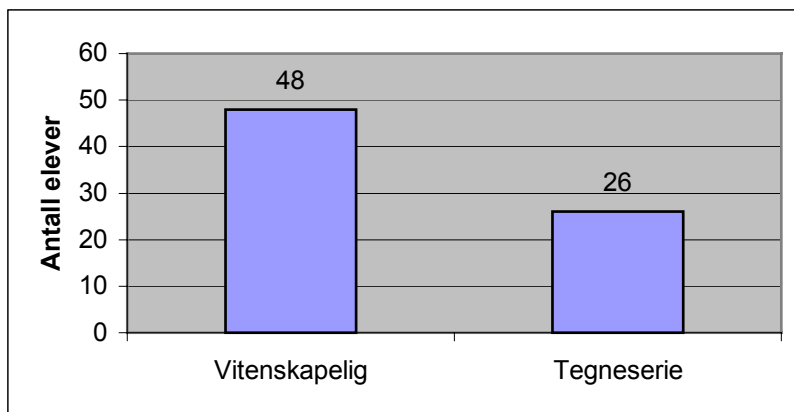
Tabell 12: Elevenes svar på spørsmål om dannelse av ozon.

Kode	Beskrivelse	Fre- kvens	Pro- sent
30	Svar hvor alle tre aspekter ved dannelsen er med: Oksygenmolekyler (O_2), splittes til oksygenatomer (O) av sollyset, oksygenatomene slår seg sammen med oksygenmolekyler og danner ozon (O_3).	11	10
31	Svar hvor aspektene for riktig svar er med, men hvor tegneserien ikke omsettes til vitenskapelige termer.	8	7
20	Svar som har med at et oksygenmolekyl splittes, og at oksygenatomene binder seg med oksygenmolekyler og danner ozon	7	6
10	Svar som beskriver at et oksygenatom binder seg sammen med et oksygenmolekyl og danner ozon. Evt at ozonmolekyler blir dannet av tre og tre oksygenatomer.	18	16
11	Svar med samme aspekter som for 10, men i "tegnseriegenre".	6	6
70	Feil svar, "vitenskapelig" forklaring	12	11
71	Fil svar, "tegnserie"-forklaring	12	11
90	"Vet ikke" eller off-task	6	6
99	Blank	30	27

Forskjell på kode 30 og 31. Flere av elevene har fått med seg alle aspektene i denne tegneserien, men det er en forskjell i måten de uttrykker seg på. Noen av elevene omsetter tegneseriefigurene til vitenskapelig forklaring, med bruk av termer som "atomer" og "molekyler", mens en del elever ikke har klart denne omsettingen, men bruker termer som "mennene", "blir lei seg" og "sola er sterkere." Denne forskjellen er ganske vesentlig når det gjelder evnen til å kunne tolke metaforer.

Kun sju av alle elevene som har svart på denne oppgaven, har skrevet at det er stråling fra sola som gjør at O_2 molekyler spaltes. De andre elevene skriver at det er "varme", "sol-skinn", "lys" og lignende som er årsaken til spaltinga. I Potts et al. (1996) sin undersøkelse fant man at få av elevene visste at ozonlaget består av ozonmolekyler. De kaller det for gass eller luft. Noen tror at ozonlaget består av UV-stråler.

Det er ellers vanskelig å sette et fast skille mellom delvis riktig og feil svar, da de fleste svarene har et eller annet riktig i seg. For å få et skille bør et delvis riktig svar ha med at det vesentlige ved tegneserien er hvordan ozon blir dannet. Jeg har delt inn i 10 og 20 koder, etter hvor mange riktige aspekter elevene har fått med. I tillegg har jeg skilt mellom om elevene hvorvidt elevene har oversatt tegneserien til vitenskapelige termer. Det samme skillet er også brukt på feilsvarene. Et stolpediagram viser skillet mellom bruken av vitenskapelig forklaring og tegneserieforklaringer.



Figur 14: Skillet mellom bruken av vitenskapelig forklaring og tegneserieforklaringer.

Vi ser at det er nesten dobbelt så mange bruker vitenskapelige termer i forhold til tegneserieforklaring, noe som viser at mange av elevene er i stand til å tolke denne tegneserien på den måten man ønsker, men det er også en del elever som ikke er i stand til dette.

Et annet funn: Av de 46 elevene som bruker de kjemiske formlene for oksygenatomer, molekylar og ozonmolekylar (O , O_2 og O_3) er det 13 elever som skriver atomantallet som opphøyet (eks: O^2) i stedet for med senket skrift (eks: O_2). Når man tar med i betraktning at formlene er oppgitt i tegneserien, er dette et høyt tall. Hvilken betydning dette har for forståelse av atmosfæriske prosesser skal jeg ikke si noe om, men denne opplysningen er tatt med som et lite apropos til den generelle naturfagundervisningen.

I denne oppgaven kan man se at omgangen med betegnelsen "atomer" og "molekylar" er ganske tilfeldig for en del av elevene. Andre betegnelser som også foreslås er "partiklar" og "celler". I den innledende teksten står det "Ozonmolekylar består av tre oksygenatomer, i motsetning til oksygenmolekylar som består av to oksygenatomer." I oppgaven blir elevene bedt om å gjøre greie for hva O , O_2 og O_3 betyr. 46 elever har svart på dette, enten direkte eller indirekte, mens 28 ikke har gjort det. Alle har ikke forklart alle betegnelsene, noe som gjør det vanskelig å vite om de som har riktig forklaring på en betegnelse også vet hva de andre står for. 30 elever har skrevet riktige betegnelser, mens 16 har en eller flere feil. Ved å prøve å se sammenhenger mellom riktig bruk av disse betegnelsene, og riktig svar på oppgaven, kan jeg ikke se at det eksisterer slike sammenhenger. Likevel mener jeg det er viktig å peke på at såpass mange elever ikke skiller godt nok mellom atomer og molekylar. I 9. klasse i L97 er det et mål at elevene skal bli kjent med begrepene atomer og molekylar. I M87, som var den gjeldende mønsterplan for mine elever, er et av hovedemnene i naturfag for 7.-9. klasse "Stoffer i hverdagen og deres egenskaper". Det innledende delemnet kalles "enkel stoffkjemi", og skal bl. a. inneholde undervisning om grunnstoffer, atomer og kjemiske forbindelser. Molekylar er altså ikke nevnt som begrep i fagplanen, men det vil være naturlig å innføre dette begrepet i forbindelse med kjemiske forbindelser. Ut fra denne fagplanen er det likevel vanskelig å si noe om i hvor stor grad man forventer at elevene skal være kjent med begrepet "molekylar", og hvilken rolle atomer og molekylar spiller for hverandre.

I denne oppgaven er det tre elever som omtaler O_2 som luft (se oppg. 33). En elev omtaler O_2 som "vannceller".

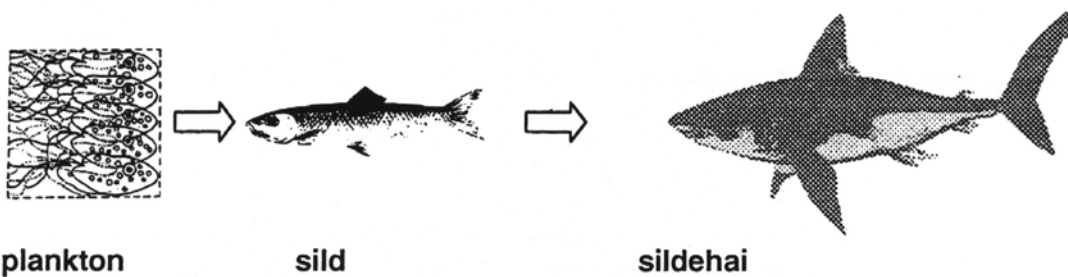
På denne oppgaven finner vi også svaret: "Jeg tror jeg sov den naturfagtimen". Hos denne eleven finner vi ikke mye tro på at opplysninger fra tekst og tegneserie kan være grunnlag

for å forklare dannelsen av ozon. Her er evnen til, eller troen på, å finne evidens i gitte opplysninger sannsynligvis ikke spesielt utviklet.

6.2.2 Spørsmål 31 om ozon

Spørsmål 31: OZON

I havet lever det mange dyrearter, blant dem hai. En av haiartene, sildehai, har følgende plassering i næringskjeden:



Hai og sild blir ikke direkte påvirket av nedbrytingen av ozonlaget. Likevel kan deres liv bli truet av nedbrytingen av ozonlaget.

Forklar hvordan sildehaien kan bli truet av nedbrytingen av ozonlaget. Bruk dokumentasjon fra artikkelen.

Figur 15: Figur og spørsmål om ozon.

Prosessmålet med denne oppgaven er å demonstrere kunnskap og forståelse. I tillegg må elevene kunne finne igjen evidens i teksten, noe som burde være lett i denne oppgaven, da siste setning i den innledende teksten er som følger: "Nedbryting av ozonlaget kan også ødelegge næringskjedene i havet på grunn av den skadelige effekten UV-B har på plankton. Tema her er Økosystemer, men igjen er oppgaven aktuell for min del, nemlig fordi det dreier seg om å kunne kjenne igjen konsekvenser for liv og helse ved nedbryting av ozonlaget. For å få riktig svar her må elevene skrive at nedbryting av ozonlaget kan være skadelig for plankton, mindre plankton gjør at det blir mindre mat for silda, som igjen gjør at det blir mindre mat for sildehaien.

Tabell 13: Elevenes svar på spørsmål om nedbrytingen av ozonlaget sin virkning på næringskjeder i havet.

Kode	Forklaring	Frekvens	Prosent
20	Alle aspekter er med, nedbryting av ozonlaget kan være skadelig for planktonet, lite plankton gir for lite mat for silda, for lite sild gir for lite mat for sildehaien.	33	30
10	Ufullstendig næringskjede, men får fram at det blir for lite mat.	2	2
70	Plankton blir skadet av UV-B, silda som spiser plankton blir skadet og haien som spiser silda blir skadet. (Akkumulering av giftstoffer i et økosystem.)	8	7
71	Plankton blir skadet av ozonet.	7	6
72	Nedbrytingen av ozonlaget kan ødelegge næringskjedene i havet på grunn av den skadelige effekten UV-B har på plankton. (Mer eller mindre avskrift fra teksten.)	13	12
73	Påvirker vannkvaliteten på en eller annen måte.	5	5
74	Det blir for varmt	3	3
75	Plankton skades av nedbrytingen, silda spiser plankton, sildehaien spiser sild.	6	6
90	"Vet ikke" eller off-task	4	4
99	Blank	29	26

Kode 20 er gitt til de elevene som har fått med alle aspektene ved dette problemet. Kode 10 er gitt til elever som har en ufullstendig næringskjede, men får fram at det blir for lite mat, bare to svar er gitt denne koden, men de får en egen kode fordi det er vanskelig å plassere disse svarene under noen av de andre kodene. Svarene som har fått kode 70, skiller seg fra riktig svar ved at de har tolket teksten slik at planktonet blir skadet eller sykt, som igjen vil føre til at silda, og videre sildehaien, blir syk. De har altså ikke med det poenget at plankton dør, noe som gir for lite mat videre opp i næringskjeden. Kode 75 er en mellomting mellom 20 og 70, her har elevene svart at plankton skades av nedbrytingen av ozonlaget, og at silda spiser plankton, og sildehaien spiser sild. De har ikke nevnt noe om konsekvenser, så man kan ikke vite om de heller mot kode 20, at plankton dør og næringsgrunnlaget blir redusert, eller mot kode 70, at plankton blir skadet eller sykt, og at skaden eller sykdommen føres videre opp i næringskjeden. For å ikke få for mange koder, har jeg her ikke tatt hensyn til om eleven har beskrevet hele næringskjeden eller ikke, det vesentlige er at de tror sykdom/skade føres videre. Et eksempel: *"Hvis en sildhai spiser en sild som er truet av nedbrytingen av ozonlaget vil den selv bli truet."*

Kode 71, her svarer elevene at plankton skades av ozonet. Dette kan nok den innledende teksten for oppgavene, samt noen av oppgavene som kommer før denne ha noe av skylden for. Her er det snakk om "godt" og "dårlig" ozon, og at ozon i troposfæren er "dårlig ozon" fordi det kan skade lungevev og planter. Likevel har elevene her mistet en vesentlig bit av oppgaven, da det står at det er nedbrytingen av ozonlaget som kan true sildehaien. Kode 72 gis til de svarene som mer eller mindre har gjentatt det som står i den innledende teksten. Disse har vært i stand til å finne evidens i teksten, men kan ikke trekke det videre for å klargjøre sammenhengen mellom dette og hvorfor sildehaien trues. Noen elever mener at nedbrytingen av ozonlaget vil føre til at vannkvaliteten påvirkes på en eller annen måte, som til

slutt fører til at sildehaien blir truet. Disse har fått kode 73. Til slutt er det tre elever som mener at nedbrytingen av ozonlaget fører til at vannet blir for varmt, kode 74. Her ser vi mest sannsynlig en kobling opp mot konsekvenser av økt drivhuseffekt. Ett avsvarene har jeg problemer med å plassere, det er som følger. *"De får ikke plankton som kommer fra sola. Plankton lager sild som sildehaien spiser"*. Dette svaret passer nok best inn under kode 75. Ellers blir jeg imponert over elevenes vilje til å gjøre seg forstått, og til å bruke de ordene som de finner i tekstene, et eksempel på et svar som har fått kode 20: *"UV-B stråler truer planktonen, forsvinner planktonet forsvinner sild, forsvinner sild vil sildehaien få problemer med næringskjeden"*.

Ingen av de undersøkelsene jeg har beskrevet tidligere, tar opp akkurat denne problemstillingen i forhold til konsekvensene av mer UV-stråling inn til jorda. Fra noen av disse undersøkelsene kan vi se at en stor del av de norske elevene vet at ozonlaget beskytter oss mot farlig stråling fra sola, se f.eks. van Marion (1990) og Kjærnsli et al. (1999). I Boyes og Stanisstreet (1994) sin undersøkelse, er det ca 80 % av elevene som mener at drivhuseffekten vil bli større, som en konsekvens av ozonnedbrytingen. I den samme undersøkelsen finner vi også at en god del (ca 40 %) av de yngste elevene mener at man vil få mer forgiftet fisk, mer sykdom og bakterier, og at det blir mer usikkert å drikke vann. Av de eldste elevene er det ca 20 % som ser dette som sannsynlige konsekvenser. Dette kan nok skyldes at de eldre elevene er flinkere til å skille mellom ulike miljøproblemer og deres konsekvenser, mens de yngste ser på alle problemer under ett. I Christidou og Koulaidis (1996) sin undersøkelse, har man funnet at mange elever anser UV-strålene som veldig sterke, og dermed også svært varme. De anses å være svært skadelig for alle levende organismer.

6.3 Hefte 8

I hefte 8 er det kun spørsmål fra naturfag. 113 elever har svart på disse spørsmålene.

6.3.1 Spørsmål 4 om busser

Spørsmål 4: BUSSER

Som de fleste busser, kjører Roys buss ved hjelp av bensinmotor. Disse bussene bidrar til forurensing av miljøet. Noen byer har trolleybusser som kjører ved hjelp av en elektrisk motor. Strømmen som trengs til disse elektriske motorene, blir ledet gjennom kjøreledninger (som til elektriske tog). Elektrisiteten blir produsert i en kraftstasjon som bruker fossilt brennstoff. Tilhengere av bruken av trolleybusser i byer hevder at disse ikke bidrar til forurensingen av miljøet.

Har disse tilhengerne rett? Begrunn svaret ditt.

Figur 16: Spørsmål om busser.

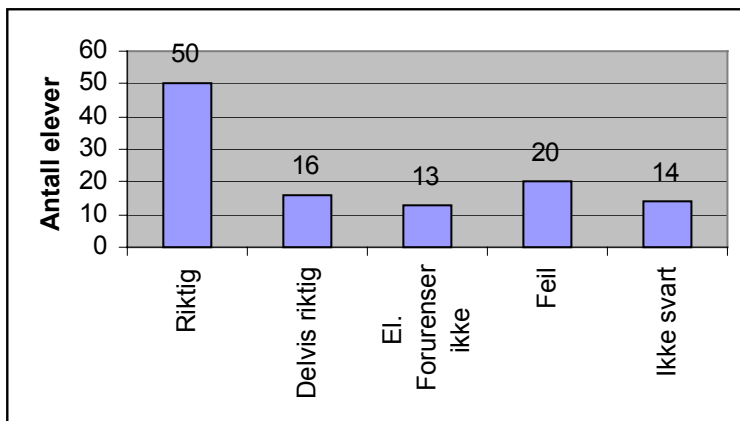
Prosessmålet med denne oppgaven er demonstrasjon av kunnskap og forståelse. Temaet er energiomforming og settingen er Naturvitenskap på jorda og i miljøet. Også denne oppgaven er relevant for min del, da forbrenning av fossilt brensel er hovedårsaken til utslipp av drivhusgassen karbondioksid. Poenget her blir altså å se om elevene ser at utslipp fra bensinmotorer og fra en kraftstasjon som drives av fossilt brensel gir samme type utslipp. Likevel må vi nok si at norske elever her stiller med et lite handikapp, da de norske kraftstasjonene i stor grad drives av vannkraft, og ikke bidrar til utslipp av karbondioksid. Men det er altså opplyst

i teksten at dette er en kraftstasjon basert på fossilt brensel, og med de diskusjoner som pågår om bygging av gasskraftverk i Norge, bør nok elevene være kjent med denne typen energi-produksjon. Elever som skal få riktig svar på denne oppgaven må enten svare at tilhengerne ikke har rett fordi kraftstasjonen også forurenses, eller de må svare at de har rett, men at dette kun gjelder i byene, fordi kraftstasjonen forurenses miljøet.

Tabell 14: Elevers svar på spørsmål om elektrisitetsproduksjon.

Kode	Forklaring	Frekvens	Prosent
20	Nei, fordi kraftstasjonen forurenses også	45	40
21	Ja, men dette gjelder kun i byen, fordi kraftstasjonen forurenses miljøet. Bussene forurenses ikke, men det gjør produksjon av elektrisitet.	5	4
10	Trolleybussene slipper ikke ut eksos, antyder at det er andre stoffer i eksos enn karbondioksid som forurenses.	15	13
11	Antyder at elektrisiteten lages av vannkraft.	1	1
70	Fossilt brennstoff forurenses ikke.	3	3
71	Elektrisitet forurenses ikke.	13	12
72	Ja eller nei, uten forklaring, eller forklaring som ikke har med forurensing å gjøre.	10	9
79	Andre feil	7	6
90	"Vet ikke" eller off-task.	2	2
99	Blank	12	11

Som sagt er det to måter å få riktig svar på i denne oppgaven, begge er beskrevet tidligere. I tillegg har jeg valgt å gi delvis riktig svar til elever som antyder at det er andre stoffer i eksos enn karbondioksid som forurenses. Dette er svar som er litt mindre utfyllende enn de som har fått kode 21, men som altså er inne på forskjellen mellom eksosutslipp inne i byen og utslipp fra den fossile kraftstasjonen. I tillegg har jeg valgt å gi delvis riktig til eleven som skriver at elektrisitet ikke forurenses fordi den lages av vannkraft, noe som er tilfelle her i Norge. I forlengelsen av dette kan vi se på de svarene som har fått kode 71, de som skriver at elektrisitet ikke forurenses, disse elevene kan også ha vannkraft i bakhodet når de tenker på elektrisitetsproduksjon, men ettersom de ikke skriver det (og da kan vi ikke vite sikkert om dette er tilfelle), får disse elevene kode for feil svar. 3 elever skriver at fossilt brennstoff ikke forurenses, noe som er en faktisk feil. En del elever skriver at eksosutslippet i byene er et problem, uten å spesifisere hva som er farlig med disse utslippene. Også her kan vi kanskje se sammenhengen til elevsvarene i Boyes og Stanisstreet (1993) og Francis et al. (1993), hvor mange elever snarer at bruk av blyfri bensin vil bremse økningen i drivhuseffekten. Elevene ser altså ikke forskjellen mellom lokale og globale miljøproblemer, og hvilke faktorer som påvirker hva.



Figur 17: Riktige og gale svar om elektrisitetsproduksjon

Spørsmål 4 er godt besvart av elevene, og mange har riktig svar, eller inne på noe riktig, noe som man kan se av stolpediagram i figuren over. I denne figuren har jeg skilt ut elever med helt riktig svar og de med delvis riktig svar. Av feilsvarene har jeg satt kode 71 "Elektrisitet forurenses ikke" for seg selv, nettopp fordi det er en mulighet for at disse mener at elektrisitet som produseres av vannkraft ikke forurenses. En av elevene (med kode 79) kan nok være en fremtidig ingeniør: "hvis førerhuset er elektronisk så vil ikke tilhengerene forurense det er logisk."

I Boyes og Stanisstreet (1993) sin undersøkelse sier i overkant av halvparten av elevene at det er en sammenheng mellom (over)forbruk av elektrisitet og økt drivhuseffekt, og at bruk av fornybare energikilder vil hjelpe mot økningen. I tillegg er det svært mange av elevene som mener at bruk av blyfri bensin vil bremse økningen. Det samme finner man i Francis et al. (1993) sin undersøkelse. Det kan være blyutslipp elevene "mine" som har fått kode 10, sikter til, når de mener at eksosutslipp er problemet med vanlige busser. Vi ser at elevene ikke skiller mellom de lokale og globale miljøproblemene forbundet bil-/bussbruk. I Francis et al. (1993) er det i underkant av halvparten av elevene som mener at kjernekraftverk, i stedet for kullkraftverk, vil kunne bremse økningen i drivhuseffekten.

Ut fra denne oppgaven kan vi si at de norske elevene har god kjennskap til utslipp forbundet med elektrisitetsproduksjon, til tross for at det meste av denne produksjonen i Norge er basert på vannkraft, som ikke har betydning for utslipp av klimagasser.

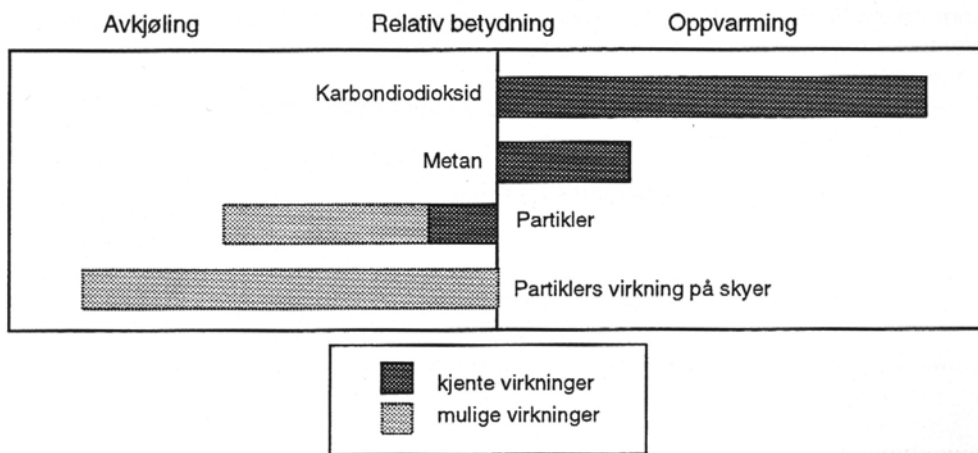
6.3.2 Spørsmål 5 om klimaforandring

KLIMAFORANDRING

Les følgende informasjon og svar på de spørsmål som følger.

HVILKE MENNESKELIGE AKTIVITETER BIDRAR TIL KLIMAENDRINGER?

Forbrenningen av kull, olje og naturgass, så vel som avskoging og ulike landbruks og industrielle aktiviteter, forandrer sammensetningen av atmosfæren og bidrar til klimaendringer. Disse menneskelige aktivitetene har ført til økt konsentrasjon av partikler og drivhusgasser i atmosfæren. Den relative betydningen av disse bidragene til temperaturforandring er vist i figur 1. Økte konsentrasjoner av karbondioksid og metan har en oppvarmende effekt. Økte konsentrasjoner av partikler har en avkjølingseffekt på to måter, kalt "Partikler" og "Partiklers virkning på skyer."



Figur 1: Den relative betydningen av de viktigste faktorene som bidrar til forandring av temperaturen i atmosfæren.

Stolper som strekker seg mot høyre fra midtlinja indikerer en oppvarmende effekt. Stolper som strekker seg mot venstre fra midtlinja indikerer en avkjølede effekt. Den relative virkningen fra «Partikler» og «Partiklers virkning på skyer» er forholdsvis usikker: I hvert tilfelle ligger den mulige virkningen et sted i området som vises av de lyse grå stolpene.

Spørsmål 5: KLIMAFORANDRING

Finne et argument som støtter reduksjon av karbondioksidutslipp som skyldes de menneskelige aktivitetene som er nevnt. Bruk informasjonen i figur 1.

Figur 18: Innledende tekst, figur og spørsmål om klimaendring.

Prosessmålet med denne oppgaven er kommunisering, og tema er jorda og dens plass i universet. Settingen er naturvitenskap på jorda og i miljøet. Oppgaven er relevant for meg fordi elevene her skal kjenne igjen informasjon som har betydning for endringen av klimaet på jorda, og kunne videreformidle dette. For å få riktig svar på denne oppgaven må elevene skrive at karbondioksid er den viktigste faktoren i forhold til å øke temperaturen i atmosfæ-

ren/forårsake klimatiske endringer, slik at en reduksjon i utslipp av karbondioksid vil ha den største effekten når det gjelder å redusere påvirkningen fra menneskelig aktivitet. I denne oppgaven vil jeg i ettertid si at både den innledende teksten og selve oppgaveteksten nok er litt uoversiktlig¹⁹.

Tabell 15: Elevenes svar på spørsmål om karbondioksidets bidrag til den globale oppvarmingen.

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
20	Karbondioksid er den viktigste faktoren som bidrar til forandring av temperaturen i atmosfæren.	3	3
10	Karbondioksid forårsaker en økning i temperaturen i atmosfæren/ending i klima.	32	28
11	Vi kjenner til virkningen av CO ₂ utslipp	1	1
12	Mer oppvarming enn nedkjøling	1	1
70	Bryter ned drivhuseffekten, bryter ned ozonlaget (sammenblanding av disse)	3	3
71	Argumenterer for at vi må slutte å forurense, foreslår tiltak for å redusere karbondioksidutslipp.	11	10
79	Andre feil	8	7
90	"Vet ikke" eller off-task	8	7
99	Blank	46	41

Svært få elever, bare tre stk., har fått helt riktig svar (kode 20) på denne oppgaven, men til gjengjeld er det mange elever som er inne på det riktige når de sier at karbondioksid forårsaker en økning i temperaturen eller endring i klima. Disse har ikke skrevet at karbondioksid er den viktigste årsaken. To elever til er inne på riktig svar når de sier at *"vi vet hva slags virkninger som skjer når det er karbondioksidutslipp"* (kode 11). og *"det er mye mer oppvarming enn nedkjøling av jorda. Dette kan ødelegge balansen da kan alt liv dø"* (kode 12). Den første eleven mener at vi må redusere karbondioksidutslippene fordi virkningen av dette er kjent (ut fra diagrammet), mens den andre, når vi ser bort fra dommedagsprofetiet til slutt, ser på at den totale oppvarmingen er større enn den (kjente?) totale avkjølingen, og mener ut fra dette at utslippene av karbondioksid bør reduseres.

Elevene som har fått kode 70 har henholdsvis skrevet: *"For mye karbondioksid ødelegger ozonlaget. Derfor bør vi redusere bruken av karbondioksid."* *"Karbondioksid ødelegger både oss og "drivhuset" vårt fordi det bryter ned drivhuseffekten."* *"Slutte med drivhus og andre utslipp som skader OSON laget"*. Her har vi tre elever som ser på nedbryting av ozonlaget, og økning i mengden drivhusgasser som to sider av samme sak, en av elevene har faktisk blandet dette så godt at forklaringen er at karbondioksid byter ned drivhuseffekten. En annen elev tar drivhuseffekten såpass alvorlig at han mener at vi må slutte med drivhus, fordi dette bryter ned ozonlaget.

11 elever (kode 71) argumenterer for ulike måter å redusere forurensningen på. Fra at vi må bruke elektriske biler og ovner (da er vi igjen inne på at elektrisiteten i Norge produseres av vannkraft), at vi må redde regnskogen, kjøre mindre bil, redusere fossile brenslers samt *"...La*

¹⁹ Oversetteren, jeg, har nok oversatt litt for direkte fra engelsk, men i ettertid er dette godkjent av språkkonsulenter.

hverve og kaste søppel som er merket rundt om kring”. Av andre feilsvar kan jeg nevne at tre elever henholdsvis har skrevet: ”Hvis en reduserer karbondioksidutslipp vil en ikke skade atmosfæren, så mye, og en kan unngå drivhusgasser og partikler.”, ”Det er for store svingninger i temperaturen.” og ”vis man har så høy mengde av karbondioksid som går til oppvarming er det mulig det blir en meget stor mengde av partikler på skyene når man prøver å avkjøle den.” Alle disse eksemplene viser at elevene her har misforstått figuren. De har likevel forsøkt å gi en forklaring på oppgaven.

6.3.3 Spørsmål 6 om klimaforandring

Spørsmål 6: KLIMAFORANDRING

Finn et argument som støtter dette synet: De klimatiske effektene av økt utslipp av karbondioksid er ikke et problem. Bruk informasjonen i figur 1.

Figur 19: Spørsmål om klimaforandring.

Prosessmålet med denne oppgaven er også kommunisering, temaet er jorda og dens plass i universet, og settingen er naturvitenskap på jorda og i miljøet. Her, som i oppgaven over, er det snakk om tolking av informasjon omkring klimaforandringer. For å få riktig på oppgaven må elevene svare at effekten av karbondioksid og metanutslipp kan utjevnes av den avkjølede effekten som partikler i atmosfæren kan gi, slik at totaleffekten blir at temperaturen ikke endrer seg.

Tabell 16: Elevenes svar på spørsmål om Partikler i atmosfæren sin påvirkning på den globale gjennomsnittstemperaturen.

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
10	Oppvarmingseffekten utlignes av nedkjølingseffekten av partikler og partiklers virkning på skyer.	24	21
70	Global oppvarming er ikke et problem. Positivt at det blir varmere.	12	11
71	Nødvendig for at hverdagen skal fungere normalt.	5	4
72	Alt/noe forurenses jo likevel	2	2
73	Finner ikke noe argument for dette, mener at påstanden er feil.	3	3
74	Finner egne argumenter, ikke ut fra teksten eller tabellen.	6	5
79	Andre feil.	2	2
90	"Vet ikke" eller off-task	8	7
99	Blank	51	45

Denne oppgaven har hele 59 ”ikke svart”, mens nesten halvparten av de som har svart (24 av 54) har rett svar. Denne oppgaven kan nok stride mot hva elevene har lært om menneskeskapte utslipp sin påvirkning av klimaet. Hele tanken om at utslipp også kan redusere den globale oppvarmingen, eller ha en avkjølede effekt, blir feil, og gjør at elevene ikke greier å forestille seg at den oppvarmende effekten faktisk kan utlignes. Dette kan være

sammenfallende med funn i undersøkelsen til Hansen (1996), hvor hele 67 % av elevene ikke vet at drivhuseffekten er nødvendig for livet på jorda. Elevene vet ikke at drivhuseffekten er et naturlig fenomen, men tror at det kun skyldes menneskeskapte utslipp. Av feilsvarerne er det mange forskjellige, som vi skal se litt nærmere på. Hele 12 elever bruker som argument at et varmere klima er positivt (kode 70). (Vi må huske at dette ikke nødvendigvis er elevenes egne meninger, de er her bedt om å finne argument for at man ikke trenger å redusere utslippene av karbondioksid.) Fem elever mener at utslippene er uunngåelige for at hverdagen skal fungere normalt, mens to mener at noe forurensing jo likevel, de ser på problemet med forurensing så stort at å gripe inn ett sted ikke hjelper noe særlig: *"Det er ikke et problem fordi alt forurenses allikevel... Man kan jo til og med få kreft av å spise gulerøtter."* 3 elever mener at en slik påstand er feil (kode 73), de finner ikke noe argument for at utslippene av karbondioksid ikke trenger å reduseres. Noen elever kommer med egne argumenter: *"Vi trenger ikke bekymre oss for det nå, det vil ikke få noen særlig innvirkning på oss allikevel."* , *"Jorda klare og tolerere all karbondioksid uten problemer"* og *"Det er ikke giftig, derfor skader det ikke mennesket. Derfor er ikke dette et problem."*

6.3.4 Spørsmål 32 om UV-stråling

UV-stråling Tekst 1

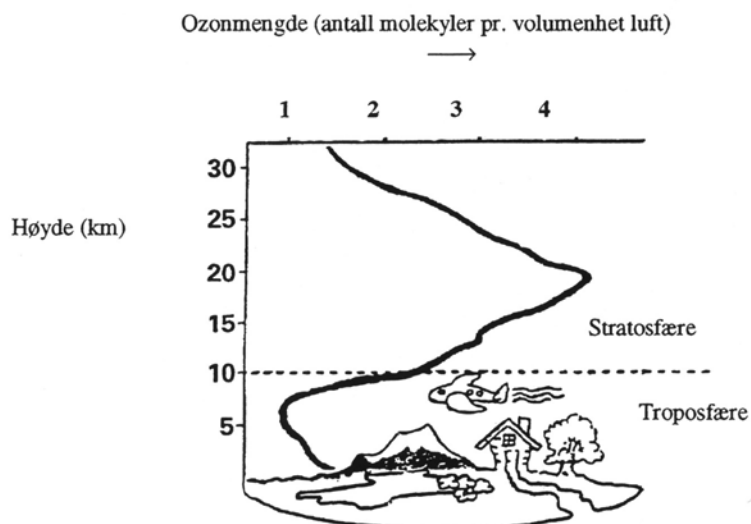
Les følgende del av en artikkel.

Ozon i atmosfæren spiller en viktig rolle ved at det absorberer farlig ultrafiolett (UV-B) stråling fra sola. I løpet av de siste tiårene har mengden ozon blitt mindre. I 1974 ble det framsatt en hypotese om at klorfluorkarboner (KFK) kunne være årsaken til dette. KFK kunne, pga. sin stabile karakter, stige opp og inn i stratosfæren (mellom 10 og 40 kilometer over jordas overflate)- Når KFK blir utsatt for solas høy-energetiske UV-stråling, slippes det ut svært reaktive kloratomer. Disse kloratomene ville ødelegge ozonet (hvert kloratom kan ødelegge nesten 100 000 ozonmolekyler) og dette ville forstyrre den naturlige balansen i ozonlaget. Dette betydde at fortsatt bruk gav KFK vil kunne forårsake betydelig reduksjon i konsentrasjonen av stratosfærisk i) ozon.

Fram til 1987 var den vitenskapelige vurderingen av forholdet mellom årsak og virkning ikke overbevisende nok til å kunne ta hensyn til KFK I september 1987 møttes imidlertid utsendinger fra hele verden i Montreal Canada) og ble enige om å sette klare begrensninger for bruken av KFK.

UV-STRÅLING DIAGRAM

I følgende diagram viser den tykke streken fordelingen av ozonmolekyler i atmosfæren.



Spørsmål 32: UV-STRÅLING

I linjene 4-6 står det at når KFK stiger oppover og inn i stratosfæren, frigjøres svært reaktive kloratomer og disse kloratomene kan ødelegge ozonlaget. For å kunne frigjøre kloratomene må KFK stige opp i stratosfæren (mellom 10 og 40 kilometer over jordas overflate). Hvis gassene forblir i troposfæren (opp til 10 kilometer over jordas atmosfære), er sannsynligheten for at kloratomer frigjøres mye mindre.

Forklar dette fenomenet. Bruk opplysninger fra teksten.

Figur 20: Innledende tekst, figur og spørsmål om UV-stråling.

Merk at det her er en skrivefeil i oppgaveteksten, det skal være "opptil 10 kilometer over jordas overflate", ikke atmosfære, i siste parentes. Prosessmålet som ligger til grunn for denne oppgaven er evnen til å identifisere evidens. Hovedtemaet er kjemiske og fysiske endringer. Likevel mener jeg at denne oppgaven også faller under hovedtemaet atmosfæriske endringer, da det dreier seg om en oppgave hvor elevene skal kjenne igjen evidens for kjemiske og fysiske endringer som påvirker ozonlaget. Konteksten denne oppgaven er gitt i, er altså naturvitenskap på jorda og i miljøet, med utgangspunkt i forurensing.

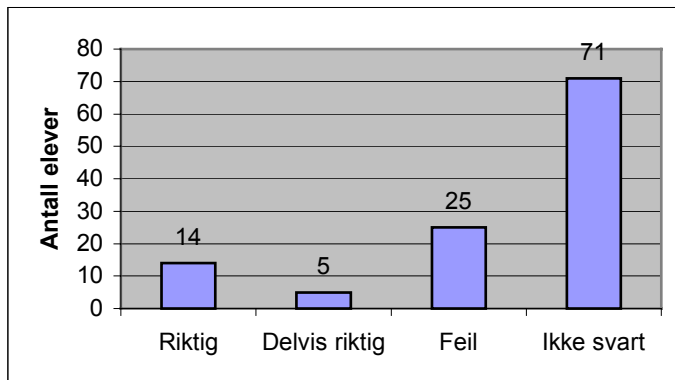
I teksten står det at "Når KFK blir utsatt for solas høy-energetiske UV-stråling, slippes det ut svært reaktive kloratomer." Elevene må selv resonnerer seg frem til at UV-strålingen er sterkere i stratosfæren enn i troposfæren (fordi stratosfæren er nærmest sola, og mindre UV-stråler er stoppet av ozonlaget). Et riktig svar krever derfor at elevene forklarer at UV-strålingen i stratosfæren er mer høyenergetisk enn i troposfæren, hvor det ikke er nok høyenergetisk UV-stråling til å friggi kloratomer (fordi det er lengre unna sola). Dette er en forholdsvis krevende oppgave.

Tabell 17: Elevenes svar på spørsmål om forskjell i UV-stråling i troposfæren og stratosfæren.

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
20	Får frem at UV-strålene er svakere i troposfæren enn i stratosfæren	14	12
10	Gjentakelse av teksten (Når KFK blir utsatt for solas høy-energetiske UV-stråling, slippes det ut svært reaktive kloratomer.)	5	4
70	Legger vekt på at det er tynnere luft i stratosfæren enn i troposfæren	2	2
79	Andre feil	22	19
90	"Vet ikke eller off-task	15	13
99	Blank	55	49

113 elever har deltatt på denne oppgaven, av disse er 55 blanke og 15 er "vet ikke" eller off-task. Til sammen 70 elever med "Ikke svart". Svarkategoriene jeg har valgt å bruke, samt frekvensfordelingen vises i tabellen over. Jeg har valgt å gi riktig svar til de elever som får frem at UV-strålene er svakere i troposfæren enn i stratosfæren. Når 14 elever får riktig svar her, er dette forholdsvis bra, ut i fra vanskelighetsgraden på oppgaven. Disse elevene viser at de kan anvende teksten for å gi en forklaring på spørsmålet. I tillegg har fem elever fått delvis riktig svar. Disse har gjentatt teksten: "Når KFK blir utsatt for solas høy-energetiske UV-stråling, slippes det ut svært reaktive kloratomer." De har derimot ikke resonnerert videre ut fra dette. Jeg mener at disse elevene har kommet et godt stykke på vei i forhold til oppgavens mål, å kunne identifisere evidens. I forhold til de elevene som har gjentatt teksten i oppgave 41 og 42, som har fått galt på gjentakelse av teksten, ligger det en forskjell i at elevene på denne oppgaven er nærmere et riktig svar, enn elevene i de to andre oppgavene. Kode 70 er gitt til to elever som tror det er pga. tynnere luft i stratosfæren at kloratomene lettere frigis. I tillegg til disse to, er det to av svarene som jeg har valgt å legge til kode 79 (andre feilsvar), mulige uttrykk for dette: "Kloratomene forblir kompakte, eller??" og "Fordi der er det ikke så mye oksygen". Her benytter ikke elevene informasjonen i teksten, men prøver å forklare fenomenet ut fra sine egne kunnskaper om lufta/atmosfæren. Det siste elevsvaret kan nok kobles tilbake til det at mange elever ser på luft og oksygen som det

samme, eller at luft består av mest oksygen. (Man kan jo spørre seg om elevene forstår hva det vil si "lufta er tynnere" dess høyere opp man kommer.)



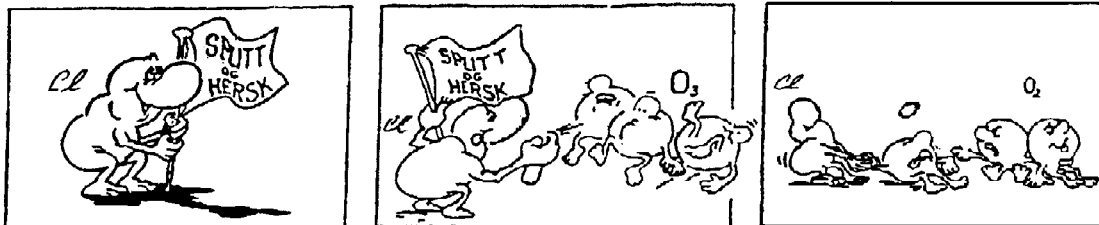
Figur 21: Riktige og gale svar om UV-stråling.

Stolpediagrammet i figuren over viser frekvensfordelingen for riktige svar, delvis riktige svar, gale svar og ikke svart, for spørsmål 32. Vi kan se at av de elevene som har svart, er det 19 elever som har vist at de kunne bruke, eller til en viss grad kunne bruke informasjonen i teksten, mens 24 av elevene ikke har fått til dette.

6.3.5 Spørsmål 33 om UV-stråling

Spørsmål 33: UV-STRÅLING

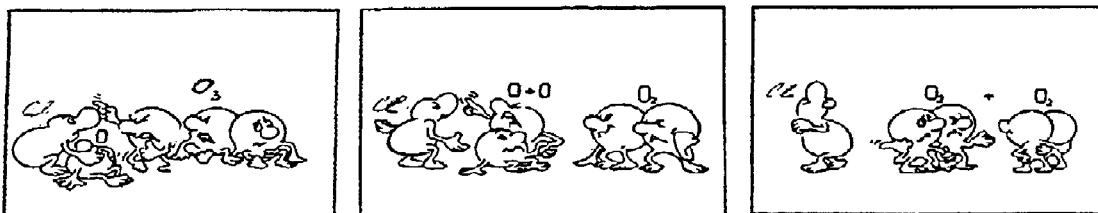
I linje 7 står det at "hvert kloratom kan ødelegge nesten 100 000 ozonmolekyler". Du kan finne en forklaring på dette hvis du vet hvordan kloratomer fungerer når de ødelegger ozonet. I et naturfaghefte blir denne prosessen beskrevet med følgende tegneserie.



Her er Klory (Cl, et kloratom). Klory hater Ozon (O₃). Han venter på sitt første offer som heter Ozon 1

Klory inviterer Ozon 1 til å komme nærmere.

Plutselig ødelegger Klory Ozon 1 ved å gripe fatt i Oksy, en av de tre delene til Ozon 1.



Klory holder fortsatt på Oksy, men et annet Ozon som heter Ozon 2 kommer til.

Klory gir fra seg Oksy til Ozon 2. Ozon 2 blir også ødelagt.

Klory har nådd sitt første mål: Han har ødelagt to Ozoner (1 og 2).

Bruk informasjonen i tegneserien til å forklare hvorfor bare ett kloratom kan ødelegge mange ozonmolekyler.

Figur 22: Spørsmål om UV-stråling.

Prosessmålet med denne oppgaven er også å kunne identifisere evidens. Tema er fysiske og kjemiske endringer, men også her, som i oppgave 32, er det snakk om evidens for prosesser som har med nedbryting av ozonlaget å gjøre. Hovedområdet er altså naturvitenskap på jorda og i miljøet, med hovedvekt på forurensing. 113 elever har deltatt på denne oppgaven. For å få riktig svar her, må elevene skrive at ett kloratom kan bryte ned mange ozonmolekyler fordi kloratomet er "fritt" til å gjenta en ny nedbryting etter å ha brutt ned to ozonmolekyler til tre oksygenmolekyler. Kommentarer til tegneserien. Tegningen og teksten er ikke helt i overensstemmelse. I den siste ruta ser vi fire oksygenatomer (to oksygenmolekyler) Det kommer ikke klart fram at det er to ozonmolekyler (med til sammen seks oksygenatomer) som er brutt ned til tre oksygenmolekyler (med til sammen seks oksygenatomer). Dette gjør ikke oppgaven lettere å svare på.

Tabell 18: Elevenes svar på spørsmål om kloratomenes nedbryting av ozon.

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
10	Forklarer at kloratomet etter endt reaksjon er fritt til å ødelegge nye ozonmolekyler.	4	4
70	Beskriver en avsluttet prosess, der resultatet er tre oksygenmolekyler. nevner ikke at kloratomet er fritt til å ødelegge nye ozonmolekyler.	11	10
71	Kloratomet er sterkere enn ozonmolekylet.	17	15
72	Kloratomet splitter molekylene.	15	13
73	Forklares som en kjedereaksjon, smitte, bakterie eller virus som spres til nye ozonmolekyler, uten at klor spiller annet enn en initierende rolle.	14	12
79	Andre feil	6	5
90	"Vet ikke" eller off-task.	6	5
99	Blank.	40	35

På denne oppgaven har jeg ingen kategori for delvis riktige svar. Da det viktigste poenget, nemlig at kloratomer etter endt reaksjon er fritt til å bryte ned nye ozonmolekyler, enten er med eller er utelatt. Elevene som får kode 70 har likevel et mer riktig svar enn de andre feilsvarene, da disse har forklart hele prosessen som er beskrevet i tegneserien, men unntak av det frie kloratomet på slutten. Kode 73 er også spesiell, her forklares nedbrytingen ved at en smitte eller sykdom går til nye ozonmolekyler som kommer i kontakt med de molekylene som allerede er smittet, altså at kloratomet kun har en initierende rolle i hele prosessen, dette er i og for seg svar på spørsmålet om hvorfor ett kloratom kan ødelegge mange ozonmolekyler (noe som ikke er tilfellet for svar med kode 70). Mange elever svarer på en eller annen måte at kloratomet er sterkere enn oksygenatomet, mens en del sier at ozonmolekylet blir splittet.

Denne oppgaven er, på samme måte som oppgave 26, en tegneserie som skal forklares. En slik oppgave kan etter min mening brukes til å si noe om elevens evne til å omsette symbolbruk og metaforer til vitenskapelige forklaringer. Det er likevel vanskelig, ut i fra skriftlige svar, å kunne tolke hvor godt elevene har greid denne overgangen, men en litt skjønsmessig gjennomgang av svarene, med unntak av kode 90 og 99, til sammen 67 svar, viser at i overkant av 20 elever, ca 1/3 bruker tegneserie/"eventyr" forklaring for å svare på denne oppgaven. Svar som jeg tolker som tegneserieforklaring er f.eks. *"Ozonene kommer også griper kloratomet fatt i det og dermed.."* og *"Fordi den deler ozonmolekyler, og de andre ozonmolekylene må hjelpe til og da tar han dem også"*. Svar av typen *"Det er sterkere enn ozonmolekylene"* er ikke telt med. Denne oppgaven er ikke den beste for å tolke elevsvarene i forhold til omsetting av symboler og metaforer, da mange bruker betegnelsene "kloratomet" og "ozonmolekyler", som begge er oppgitt i teksten. Det er derfor vanskelig å vite om det er snakk om forståelse eller avskrift. I oppgave 26/2 er det litt enklere å tolke med dette for øyet.

Andre kommentarer til svarene. Det slår meg, under gjennomgang av elevsvarene på denne oppgaven, at elevene har en heller tilfeldig omgang med bruken av begrepene atomer og molekyler. Et av svarene *"Klory spaltes ozon slik at det blir luft"* kan indikere at noen elever er av den oppfatning av at lufta i stor grad består av oksygen, som igjen kan spille en rolle

for forståelse av de prosesser som finner sted i lufta/atmosfæren. Også her er oppgave 26 bedre egnet for å si litt mer om dette fenomenet.

6.3.6 Spørsmål 35 om UV-stråling

UV-stråling Tekst 2

Les følgende del av en artikkel om UV-stråling.

Mengden av UV-strålingen som når jordas overflate avhenger av tid og sted. Den sterkeste UV-strålingen skjer på steder hvor sola står loddrett på jordas overflate, nemlig ved ekvator. Jo mer man fjerner seg fra ekvator, jo mindre blir mengden av ultrafiolett stråling. Det er i det sola står høyest på himmelen, at vi blir utsatt for mest ultrafiolett stråling. Når det er overskyet, er det færre UV-stråler som når jordas overflate enn når himmelen er blå.

Spørsmål 35: UV-STRÅLING

Fra Tekst 2 kan du konkludere at det er et annet stoff i lufta i tillegg til ozon som kan absorbere UV-stråler.

Hvilket annet stoff er dette?

Figur 23: Tekst og spørsmål til UV-stråling.

Riktig svar på denne oppgaven er ”vann”, ”vanndamp” eller ”H₂O”. Prosessmålet med denne oppgaven er å demonstrere kunnskap og forståelse, nemlig kunnskapen om at skyene består av vann. I tillegg må elevene også her kunne lete seg fram til evidens i en tekst. Temaet for oppgaven er atmosfæriske forandringer, og settingen er Naturvitenskap på jorda og i miljøet. Dette er altså en oppgave hvor elevene skal kjenne igjen evidens for prosesser som har med atmosfæriske forandringer å gjøre, eller nærmere sagt kunne kjenne igjen hvilke faktorer som kan påvirke mengden UV-stråler som kommer inn til jorda.

Tabell 19: Elevenes svar på spørsmål om stoff som absorberer UV-stråler

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
10	Vann, vanndamp, H ₂ O.	16	14
70	Skyer	18	16
71	Ultrafiolett stråling	13	12
72	Karbondioksid	6	5
73	Sola, sollyset, solstråler	5	4
74	Oksygen	7	6
75	Klor	3	3
79	Andre (Himmelen, kulde (2), KFK(2), natrium, ozonlaget, nitrogen)	8	7
90	”Vet ikke” eller off-task	3	3
99	Blank	34	30

Som vi ser, har 16 elever fått riktig svar på denne oppgaven, de har kommet fram til at "stoffet" er vann. Kode 70 skiller seg her fra de andre feilsvarene, ved at elevene her har svart skyer. Dette er i og for seg riktig svar, men viser ikke om eleven har kunnskap om at skyer består av vann. Det kan nok være bruken av ordet "stoff" i spørsmålet som frembringer dette svaret. En overraskelse er at så mange av elevene svarer ultrafiolett stråling på dette spørsmålet. Kan dette f. eks tyde på at de ikke vet at UV-stråling er det samme som ultrafiolett stråling, eller kanskje de ikke vet hva "absorberer" betyr? I Potts et al. (1996) sin undersøkelse kan vi finne at enkelte elever tror at ozonlaget består av UV-stråler. Om det er slik "mine" elever har tenkt, skal være usagt, men noen elever har problemer med å skille mellom UV-stråling og ozon.

Hele 6 elever har foreslått karbondioksid som svar på denne oppgaven, og det uten at karbondioksid er nevnt i noen av de to tekstene som innleder disse oppgavene om UV-stråling. Her er det en mulighet for at vi ser et utslag av elevenes sammenblanding av drivhuseffekt og ozonlag. Flere av de andre svarene her interessante, og det er nærliggende å peke på eventuelle årsaker som kan ligge bak disse svarene. 3 elever svarer klor, dette kommer sannsynligvis av at de i en oppgave tidligere har sett at klor bryter ned ozonet (logikken blir jo feil, men om elevene ikke hadde hatt den oppgaven tidligere, er det nok lite sannsynlig at dette svaret hadde kommet.) To elever har svart kulde, dette kan være tolket ut fra det faktum at det er mindre UV-stråling ved høyere breddegrader, altså der det er kaldere enn f. eks ved ekvator, eller når sola står lavt på himmelen. (Nå er jo ikke kulde et stoff...)

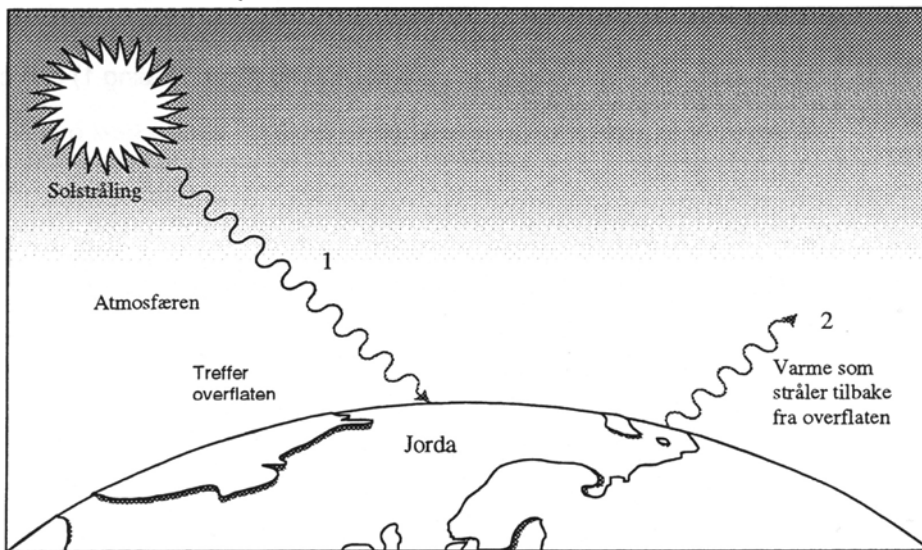
6.3.7 Spørsmål 67 om drivhuseffekten

Drivhus tekst 1

Les følgende tekst og besvar spørsmålene.

DRIVHUSEFFEKTEN: REALITET ELLER INNBILNING?

For bare tjuve år siden advarte vitenskapsfolk oss om starten på en ny istid. Nå snakker de om noe som kalles drivhuseffekten. Hva er drivhuseffekten, og hva er årsaken til den? Alt levende trenger energi for å overleve. Energien som opprettholder livet på jorda kommer fra sola, som sender ut energi i verdensrommet fordi den er så varm. En svært liten del av denne energien når jorda. Jordas atmosfære ligger som et beskyttende teppe rundt overflaten av vår planet og forhindrer de temperaturvariasjonene som ville eksistert i en lufttom verden. Det meste av strålingsenergien som kommer fra sola, passerer gjennom jordas atmosfære (se stråling 1 på figuren). Jorda absorberer noe av denne energien, og noe blir reflektert tilbake fra jordas overflate. En del av denne energien som blir reflektert fra jorda blir absorbert av atmosfæren (se stråling 2 i figuren). Som et resultat av dette er gjennomsnittstemperaturen over jordoverflaten høyere enn den ville vært hvis det ikke var noen atmosfære. Jordas atmosfære har samme virkning som et drivhus, derav navnet *drivhuseffekt*. Det sies at drivhuseffekten er blitt sterkere i løpet av det tjuende århundre. Det er et faktum at gjennomsnittstemperaturen i jordas atmosfære har økt. I aviser og tidsskrifter blir de økte utslippene av karbondioksid ofte erklært som hovedårsaken til temperaturøkningen i det tjuende århundre.



Figur 24: Innledende tekst og figur til drivhus.

Etter denne teksten kommer det noen oppgaver hvor vi møter André, som etter å ha sett noen grafer, konkluderer med at økningen i gjennomsnittstemperaturen i jordas atmosfære skyldes økningen i karbondioksidutslipp. Vi møter også hans venninne, Janne, som mener han trekker forhastede slutninger.

Spørsmål 67: DRIVHUS

Andre holder fast på sin konklusjon om at gjennomsnittstemperaturøkningen i jordas atmosfære skyldes økningen i karbondioksidutslipp. Men Janne synes at hans konklusjon er forhastet. Hun sier: «Før du godtar disse konklusjonene må du være sikker på at andre faktorer som kunne påvirke drivhuseffekten, er konstant.»?

Nevn en av de faktorene Janne sikter til.

Figur 25: Spørsmål til drivhus.

Prosessmålet med denne oppgaven er identifisering av evidens. Temaet er atmosfæriske forandringer, og settingen er naturvitenskap på jorda og i miljøet. Her er det mange svar som er riktig, da det er flere faktorer som er med å påvirker temperaturen i atmosfæren.

Tabell 20: Elevers svar på spørsmål om faktorer som kan påvirke økningen i jordatmosfærens gjennomsnittstemperatur

Kode	Beskrivelse	Frekvens	Prosent
10	Solstråling	4	4
11	Andre gasser i atmosfæren.	2	2
12	Vulkanutbrudd.	3	3
13	Ozonlaget.	6	5
14	Nedhugging/brenning av skoger.	1	1
15	KFK.	1	1
16	Partikler og partiklers virkning på skyer.	1	1
17	Generelt utsagn ("Andre stoffutslipp som kan forårsake lignende resultater.")	1	1
70	Refleksjon av varme/energi.	1	1
71	Karbondioksid.	2	2
72	Oksygen og/eller nitrogen.	3	3
79	Andre feil.	10	9
90	"Vet ikke" eller off-task.	9	8
99	Blank.	69	61

Dette er den oppgaven med flest "ikke svart", hele 78 elever, noe som gir svar fra 35 elever, av disse er 19 svar riktige. Som sagt, er det mange svar som er riktige på denne oppgaven, kode 10, solstråling, skal man kunne utlede fra oppgaveteksten. Oppgavene i dette clusteret som kommer før denne oppgaven, gjør det mulig å utlede svar med kode 11, andre gasser i atmosfæren, og kode 12, vulkanutbrudd. Fra oppgave 5 og 6 (i det samme heftet) kan elevene finne "partikler og partiklers virkning på skyer" (kode 16, mens svar med kode 13, ozonlaget, og kode 15, KFK, kan utledes fra oppgave 32 og 33. Disse stoffene har innvirkning på hvor mye solstråling som kommer inn til jorda. En av elevene som har fått kode 13 har skrevet: "Vulkanutbrudd + andre gasser som kan skade ozonlaget." Eleven som har svart "nedhugging av trær i Amazonas" (kode 14) vet kanskje en god del om hvordan CO₂ mengden i

verden kan påvirkes av menneskelig aktivitet. Elever som har svart oksygen og/eller nitrogen (kode 72) kan ha utledet dette fra en av de andre oppgavene i clusteret.

I Rye et al. (1997) sin undersøkelse, mener en del elever at KFK gasser ødelegger ozonlaget, som igjen fører til global oppvarming. Dette kan kanskje ses i sammenheng med de gode resultatene i Boyes og Stanisstreet (1993), hvor mellom 70 og 90 % av elevene sier at KFK gasser øker drivhuseffekten. Mange av disse elevene kan nok tenke på samme måte som elevene i Rye et al.

Dette er en oppgave som ikke forteller oss så mye om elevenes kunnskaper og evner til å utlede svar fra gitt informasjon blant annet fordi det er så mange ”ikke svart”. En av grunnene til dette kan være at oppgaven kommer langt ut i heftet, noe som kan spille inn på motivasjonen til elevene, eller at de ikke har orket å svare på oppgaven. En ting kan vi likevel si, at de elevene som har fått riktig svar, har funnet informasjon på ulike steder, både i dette clusteret, men også andre cluster i heftet.

7. Drøfting og konklusjon

I delkapittel 7.1 oppsummeres og drøftes viktige resultater fra PISA-undersøkelsen. På denne bakgrunn trekkes konklusjoner i delkapittel 7.2

7.1 Oppsummering og drøfting av resultater

Jeg vil nå se på resultatene fra PISA-elevene i forhold til de faktorene som omtales i teorikapittel 3, dvs:

- manglende kunnskaper om elektromagnetisk stråling.
- manglende kunnskaper om hvilke typer stråling ozonlaget absorberer og hvilke typer som absorberes av drivhusgassene.
- for dårlige kunnskaper om atmosfærens sammensetning.
- manglende kunnskap om at drivhuseffekten er naturlig og nødvendig for livet på jorda.
- for dårlige kunnskaper om ulike gasser og de kjemiske symbolene og forkortelsene som benyttes.
- for dårlige kunnskaper til å skille mellom forskjellige miljøproblemer, hva de skyldes, hvilke konsekvenser de kan få og hvordan man kan løse dem.
- for liten kunnskap om bruk av modeller og metaforer, og evne til å forstå dette i forhold til de aktuelle emner.

Når det gjelder elevenes manglende kunnskaper om ulike typer stråling, kan vi fra oppgave 35 se at mange elever svarer at ultrafiolett stråling kan absorbere UV-stråler. Dette vitner ikke om gode kunnskaper i forhold til stråling ettersom disse elevene ikke har fått med seg at UV-stråler er det den ultrafiolette strålingen består av. I oppgave 26 ser vi at stråler fra sola spalter O_2 -molekyler til oksygenatomer. Det er ingen forklaring i tegneserien om at dette er UV-stråler fra sola, men i den innledende teksten er det nevnt at sola sender ut ultrafiolett stråling. Kun 7 elever har sagt at det er stråling fra sola som spalter oksygenmolekylene. Elevene skriver i stedet at det er varme, solskinn, lys og lignende som er årsaken. Dette tyder heller ikke på særlig kjennskap til begrepet stråling. I L97 er det et hovedmoment som tar opp elektromagnetisk stråling: ”Elevane skal bli kjende med døme på ulike slag elektromagnetisk stråling og kvardagsteknologi knytt til dei”. Vi ser at stråling ikke er direkte knyttet til miljøproblemer, slik at det blir opp til lærebøker og lærere å sette dette inn i sammenheng for elevene.

Det andre problemet som er identifisert er elevenes manglende forståelse av hvordan UV-stråler stoppes av ozonlaget, og hvordan drivhusgassene fanger opp den langbølgete strålingen fra jorda. Dette blir ikke lettere ved at elevene viser manglende kunnskaper om ulike typer stråling. I omtale av oppgave 35 stiller jeg spørsmålstegn ved om elevene er klar over

hva absorbere betyr.²⁰ Det er også påvist at noen elever trekker inn drivhuseffekt når det er spørsmål om ozonlag. F.eks. i oppgave 31, hvor tre elever mener at det blir for varmt for livet i havet ved en nedbryting av ozonlaget. Også i oppgave 35 kan vi se en tendens til sammenblanding, da seks elever skriver karbondioksid kan absorbere UV-stråler. En manglende forståelse av hvordan stråling absorberes i atmosfæren, henger nok nært sammen med det første punktet, elevenes kunnskaper om stråling.

Det tredje punktet beskriver en manglende kunnskap om ozonets utbredelse, hva drivhusgasser er, eller generelt atmosfærens sammensetning. Som vi har sett er atmosfæren ikke et begrep som det ventes at elevene skal bli kjent med i L97, og dette kan nok være et problem i forhold til det å få en god oversikt over drivhuseffekt og effekten av ozonlag. I clusteret "ozon" kan elevene lese om ozonets utbredelse i atmosfæren, og de kan også lese at ozon er skadelig for mennesker, planter og dyr. Dette har sju elever overført til oppgave 31 (i dette clusteret) hvor de skriver at plankton blir skadet av ozon (her er det en logisk brist, da spørsmålet går ut på hvilke konsekvenser nedbryting av ozonlaget kan få for silda og sildehaien. I oppgave 32 har jeg funnet at noen elever mener at pga. av lufta er tynnere jo høyere opp man kommer, frigjøres kloratomene i KFK lettere enn lengre ned. De har ikke resonneret seg fram til at UV-stråling, som er det som faktisk frigir kloratomene, er sterkere høyere oppe, fordi de ikke har blitt møtt av like mye ozon, og dermed blitt absorbert. På oppgave 35 er det 34 (av 113) elever som har resonneret seg fram til at vann (eller skyer) også kan absorbere UV-stråler. På denne oppgaven varierer forslagene fra elevene mye, fra ultrafiolett stråling via en del gasser, til ozonlaget. I oppgave 67 skal elevene nevne en annen faktor enn karbondioksid som kan påvirke drivhuseffekten. 19 elever har her funnet en eller annen riktig faktor, mens hele 94 elever ikke har svart eller fått feil svar på denne oppgaven. Dette kan muligens fortelle noe om hvor lite elevene kan om ulike stoffer i atmosfæren og deres virkning for klimaet på jorda. I både oppgave 32 og 33 er det svar som indikerer at noen elever ser på oksygen og luft som det samme. I Kjærnsli et al. (1999) ser vi at flesteparten av elevene tror oksygen er den gassen det er mest av i luft. I oppgave 42 skal elevene vise at de vet hvilken betydning skogene for mengden karbondioksid i atmosfæren. Her det er 35 elever som har fått fram at trærne bruker CO₂ fra atmosfæren til å produsere oksygen, mens 17 elever har skrevet at trær produserer oksygen. I forhold til de andre oppgavene er det her mange riktige eller delvis riktige svar, slik at det kan se ut som mange elever er godt kjent med skogens rolle for mengden karbondioksid og oksygen i atmosfæren.

Den fjerde faktoren som påvist i de andre undersøkelsene, er at elevene ikke vet at drivhuseffekten er et naturlig fenomen som er nødvendig for livet på jorda, og at det er økningen i drivhuseffekt som er problemet. Som sagt kan en av årsakene til dette være at man ikke er konsekvent når man snakker om økningen i drivhuseffekten, men omtaler problemet som "drivhuseffekten". Oppgave 5 og 6 belyser i hvilken grad elevene kan tolke informasjon om menneskelig påvirkning på klimaforandringer. I oppgave 5 har 37 (av 112) elever, riktig eller delvis riktig svar ved at de har kommet fram til at partikler som er i atmosfæren pga menneskelig aktivitet, kan ha en nedkjølende effekt på klimaet. Materialet er likevel ikke slik at jeg kan si noe om elevenes kunnskaper om drivhuseffektens betydning for livet på jorda.

²⁰ Absorbere betyr suge inn eller oppta i seg. Absorpsjon av elektromagnetisk stråling foregår ved at strålingen foregår ved at strålingen gradvis blir svekket når den trenger inn i et stoff. Strålingsenergien overføres først til enkelte elektroner, som blir satt i bevegelse, og energien fordeler seg så etter hvert som en varmebevegelse i stoffet. Absorpsjonen avhenger av strålingens bølgelengde og av det absorberende stoffets egenskaper (Aschehoug og Gyldendals Store Norske leksikon, 2. utgave, 4. opplag, Kunnskapsforlaget, Oslo, 1991).

Som en femte faktor er det pekt på elevenes manglende evne til å skille mellom ulike gasser. Jeg har pekt på at en mulig årsak kan være elevenes kunnskaper om kjemiske symboler, oppbyggingen av gasser/stoffer og bruken av forkortelser. I oppgave 26 har jeg funnet at 18 elever skriver atomantallet med opphøyet i stedet for senket skrift, dette til tross for at vi finner den riktige skrivemåten i den aktuelle teksten. Jeg har også funnet at bruken av begrepene ”atomer” og ”molekyler” er tilfeldig for en del av elevene, og at noen bruker begreper som ”partikler” og ”celler” når de skal omtale atomer og/eller molekyler. Også i oppgave 33, finner jeg at en del av elevene har en tilfeldig omgang med bruken av begrepene atomer og molekyler.

Den sjette faktoren er elevenes mangel på spesielle kunnskaper om de ulike miljøproblemer, de ser på de fleste miljøproblemer under ett. I oppgave 56 skal elevene forklare på hvilken måte mais er en fornybar ressurs i motsetning til kull og naturgass. Ettersom energiproduksjon er en viktig årsak til forurensing, spesielt når det gjelder økning i drivhuseffekten, er det viktig at elevene er kjent med ulike kilder for energiproduksjon og hvordan disse påvirker naturen. Et viktig skille går mellom fornybare og ikke fornybare energikilder. I denne oppgaven ser vi at en del elever ikke bruker begrepet ”fornybart” på en fornuftig måte. I oppgave 4 skal elevene ta stilling til om en buss drevet av diesel er mer/mindre miljøvennlig enn en buss som går på elektrisitet som er produsert i en kraftstasjon som bruker fossilt brennstoff. Her kan vi se at en del elever peker på forurensingen som skapes av eksosen, altså ikke CO₂-utslippene, mens 13 elever mener at elektrisitet ikke forurenser. I oppgave 6 er det to elever som svarer at alt eller i det minste noe forurenser likevel, slik at det ikke er noen vits i å endre på mengden av CO₂-utslipp, eller at produksjonen av CO₂ er nødvendig for at hverdagen skal fungere normalt. Ingen av oppgavene sier noe om i hvilken grad elevene skiller mellom ulike typer forurensing.

Den sjuende faktoren, bruk av modeller og metaforer, kan belyses med oppgave 26. Her har jeg funnet at 44 elever (av 68 som svarte på oppgaven) har oversatt fra tegneserie til vitenskapelige termer. Selv om oppgaven ber elevene om å forklare hva ”mennene” representerer, og hva betegnelsene O, O₂ og O₃ betyr, er det 24 elever som bruker tegneseriertermer i svaret sitt. På oppgave 33 er det omtrent 1/3 av de elevene som har svart på oppgaven, som bruker tegneserie- eller ”eventyr”-termer for å forklare hva som skjer i tegneserien. Forskjellen fra oppgave 26 er at det er her er brukt de vitenskapelige navnene i forklaringen av tegneserien.

Oppgave 41 belyser ikke noen de ovennevnte faktorene, men den sier noe om hvilke konsekvenser en økt global temperatur kan ha for spredning av ulike sykdommer. Noen mener det er vanskeligere med god hygiene når det blir varmere, eller at man lettere får feber. Mange elever mener at bakterier og virus sprer seg eller formerer seg raskere i et varmere klima. Denne oppgaven, samt flere av de andre, synliggjør to ting som jeg mener er et problem i skolen. For det første synliggjøres elevenes evne til å formulere egne svar. Min erfaring fra egen skolegang og fra tiden som lærer, er at elevene leter med lys og lykter for å finne riktig svar i en tekst. PISA-undersøkelsen vil gi et svar på i hvor stor grad elevene er i stand til å anvende tekster, tabeller og figurer, samt sin egen kunnskap til å komme fram til riktig svar på de forskjellige oppgavene. For det andre slår det meg at elevene ikke er spesielt glade i å skrive fullstendige svar. Det er om å gjøre å skrive kortest mulig. Dette betyr gjerne at viktige detaljer blir utelatt. Dette er nok en trenings sak (som også gjelder for folk som skriver hovedoppgave) men jeg tror det er en viktig faktor å ha i bakhodet når man skal lære/veilede elevene i hvordan man skal formulere sine skriftlige svar og utgreiinger.

I oppgave 4 skulle elevene vurdere fordeler og ulemper ved bruk av trolley-busser, når elektrisiteten de bruker blir produsert i kraftstasjon som bruker fossilt brennstoff. Her ser vi at svært mange elever får riktig svar, noe som indikerer at de norske elevene har god kjennskap til miljøproblemer forbundet med elektrisitetsproduksjon. Her fant vi sannsynligvis også uttrykk for at elevene ikke ser forskjell på lokale og globale miljøproblemer, og hvilke faktorer som påvirker hva.

7.2 Konklusjon

I denne oppgaven har jeg argumentert for at elever bør lære om ulike miljøspørsmål i skolen fordi de etter hvert skal delta i samfunnet som aktive borgere, og da trenger de et faglig grunnlag og nødvendig forståelse for å kunne ta stilling til aktuelle samfunnsproblemer. Miljølære er tenkt integrert i alle fag i skolen, fordi dette er tverrfaglige tema som berører de fleste fagområder i samfunnet. Et problem med en slik fordeling av miljølæren kan være at det blir litt ”stemoderlig” behandlet, med små drypp i alle fag, noe som ikke gir elevene det påfyll av kunnskap som er nødvendig for å kunne se disse problemene i sammenheng, men også å kunne skille de ulike problemene. Ett fag i grunnskolen ser ut til å ha fått et spesielt ansvar for miljøundervisning, nemlig natur- og miljøfag. Men når vi vet at faget fikk dette navnet etter at læreplanen var ferdig, skjønner vi at innholdet i faget ikke har dette som utgangspunkt. Miljølære er derimot et tema som er godt egnet for tverrfaglige prosjekter, som elevene skal jobbe med i løpet av skoleåret. Det finnes også en metodisk veiledning i miljølære som gir tips og ideer til hvordan man kan arbeide med disse fagene, men personlig har jeg en mistanke om at dette er et lite brukt hefte. Av egen erfaring, riktig nok fra videregående skole, har jeg sett at skolehverdagen byr på utfordringer av mange ulike typer, slik at å gi miljøspørsmål den oppmerksomhet som jeg synes det fortjener og behøver, langt på vei kan virke som en utopi.

Jeg har fokusert på hvilke problemer som kan ligge til grunn for at elevene sliter med å en riktig forståelse av drivhuseffekt og effektene av ozonlaget. Jeg har funnet støtte for de sju punktene jeg identifiserte på bakgrunn av teorigjennomgangen. Noen av disse problemene er emner som er omtalt i læreplaner, slik at disse skulle være mulig å overkomme. Et problem jeg vil framheve er bruken av modeller og metaforer, dette er nok noe elevene bør trenes opp i, da mye av naturvitenskapen forklares på denne måten. Om elevenes kunnskap om drivhuseffekt og ozonlag, kan det virke som de har oversikt over de store linjene forbundet med disse fenomenene, at dette er atmosfæriske prosesser, som ved menneskelig påvirkning kan føre til høyere temperatur på jorda, eller strålings skader på ulike former for liv. Når elevene skal gi uttrykk for mer detaljerte kunnskaper enn dette, eller når de skal skille mellom drivhuseffekten og ozonlaget, får de straks større problemer. man kan spørre seg om dette er emner som er for vanskelige for elever i 10. klasse.

Hvis man tar i betraktning viktigheten av miljøspørsmål på det politiske plan, kan det være rimelig å stille spørsmål om det er noen vits å undervise i disse emnene, når det likevel blir full forvirring hos elevene. Mot dette vil jeg trekke frem Shamos (1995) sine tre prinsipper som han mener bør ligge til grunn for å undervise i naturvitenskap, og herunder miljøproblemer forbundet med drivhuseffekt og ozonlag, til alle elever. For det første for å utvikle verdsetting og forståelse av virksomheten, for det andre for å sørge for fokus på teknologi som en praktisk nødvendighet for individets personlige helse og sikkerhet, og en forståelse av både det menneskeskapte og naturlige miljø. Og for det tredje for å utvikle sosial allmenndannelse, og poengtere en riktig bruk av naturvitenskapelige eksperter for å finne best mulig alternativ for en løsning på disse problemene. Å utelate drivhuseffekt og ozonlag fra

undervisningen, vil derfor være å ta fra elevene muligheten til å delta i samfunnsdebatten. Selv om det er vanskelig å få en fullstendig forståelse av disse to problemområdene, er kjennskap til deres eksistens en nødvendighet for at man i det hele tatt skal kunne ha et virkelig demokrati. Når det gjelder drivhuseffekten, eller klimaspørsmål, er det så mange hensyn som må tas når man skal lovfeste tiltak, at subjektive vurderinger uansett kommer til å spille en rolle. Likevel håper jeg at denne oppgaven har pekt ut hvilke områder elevene har størst problemer eller mangler mest kunnskap, for å kunne lære om disse to *forskjellige* miljøproblemene på en tilfredsstillende måte.

Generelt er mitt inntrykk at elevene ikke er spesielt flinke til å benytte gitt informasjon for å forklare disse fenomenene. Forhåpentligvis dreier undervisningen nå mer i retning av utvikling av slike ferdigheter, men det er fortsatt viktig med en god del basiskunnskap for å kunne benytte denne informasjonen.

Referanser

- Boyes, E. og M. Stanisstreet (1993): The "Greenhouse Effect": children's perception of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, vol 15 no 5. s 531-552
- Boyes, E. og M. Stanisstreet (1994): The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage. *Global Environmental Change* vol 4 no 4. s 311-324. Butterworth Heinemann, Storbritannia.
- Breiting, S. (1989): *Miljøundervisning for fremtiden*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., Copenhagen, Danmark.
- Breiting, S. (1995): Er der noget spesielt ved miljøundervisning i Norden? I *Skolen i Norden* nr 2, 1995 s. 5-7
- Brekke, P. og O. Engvold (1998): Innlegg i Apollon 3/98.
- Christensen, K.G. og Kristensen, T. (1999): *Fra naturfag til politikk - mot et paradigmeskifte i miljøundervisningen?* Statens Utdanningskontor i Vestfold, Tønsberg, Norge.
- Christidou, I. (1994): An Exploration of children's models and their use of cognitive strategies in regard to the greenhouse effect and the ozone layer depletion. I Psillos, D. (red.): *European Research in Science Education II. Proceedings of the second Ph.D. summer school 20 – 26 Aug. 1994* Leptokaria, Hellas.
- Christidou, V. og V. Koulaidis (1996): Children's Models of the Ozone Layer and Ozone Depletion. *Research in Science Education* 26 (4). s 421-436
- Dale, B., M. Jones og W. Martinussen (1992): *Metode på tvers. Samfunnsvitenskapelige forskningsstrategier som kombinerer metoder og analysenivåer*. Tapir, Trondheim.
- Egeland, A., Henriksen, E. K. og Henriksen, T. (1997): "Nordlys" Temahefte 3 om stråling og miljø. Fysisk institutt UiO.
- Fisher, B.W. (1998): *There's a hole in my greenhouse effect*. *School Science Review*, 79 (288), s. 93-100.
- Francis, C., E. Boyes, A. Qualter og M. Stanisstreet (1993): Ideas of Elementary Students about Reducing the "Greenhouse Effect". *Science Education* 77 (4) s 375-392
- Føreid, B. og S. Lie (1998): *En studie av miljøundervisning og miljøkunnskap blant elever basert på TIMSS-data*. Rapport nr. 31 Third International Mathematics and Science Study, Universitetet i Oslo.
- Hellevik, O. (1991): *Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap*. Universitetsforlaget, Oslo.
- Hansen, P. J. K. (1989): "Spørsmål om vær og meteorologi til elever i 9. klasse i Oslo-området i 1989." Oslo lærerhøgskoles skriftserie hefte nr. 2/92
- Hansen, P. J. K. (1996): "Alle snakker om været..." *En teoretisk og empirisk undersøkelse av grunnskolenes undervisning i vær og klima og elevenes forståelse av emnet*. Dr.scient.-avhandling, Universitetet i Oslo og Høgskolen i Oslo.

- Henriksen, E.K. (1999): *Museums and Scientific Literacy, The Case of an Exhibition on Radiation and the Environment*. Thesis submitted for degree of Doctor scientiarum. Fysisk Institutt, Universitetet I Oslo.
- Henriksen, T., Henriksen, E.K. og Svendby, T. (1997): *Deilig er den himmel blå – Ozonlag. UV-stråling. Drivhuseffekt*. Temahefte 1 til utstillingen "Vår strålende verden". Universitetet i Oslo.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Stokke, K. H. og Turmo, A. (1999): *Hva i all verden kan elevene i naturfag? Oppgaver med resultater og kommentarer*. Universitetsforlaget, Oslo.
- Koritzinsky, T. (2000): *Pedagogikk og politikk I L97 – Læreplanens innhold og beslutningsprosessen*. Universitetsforlaget, Oslo.
- Koulaidis, V. og I. Christidou (upublisert): *Children's Misconceptions and Cognitive Strategies Regarding the understanding of the Ozone Layer Depletion*. Aristotle University of Thessaloniki, Department of Primary Education, Hellas.
- KUF (1987): *Mønsterplan for grunnskolen (M87)*, Aschehoug.
- KUF (1996): *Læreplanverket for den 10-årige grunnskolen (L97)*
- Lie, S., M. Kjærnsli og G. Brekke (1997): *Hva i all verden skjer i realfagene? Internasjonalt lys på trettenåringers kunnskaper, holdninger og undervisning i norsk skole*. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Marion, P. van (1990): *Hva vet og hva mener elever om miljøproblemer? En undersøkelse ved overgang grunnskole – videregående skole*. Pedagogisk seminar, AVH, Universitetet i Trondheim.
- Mikkelsen, R. (1994): *"Miljø og utvikling" i skolen*. Hovedoppgave i samfunnsgeografi, Avdeling for Samfunnsgeografi, Universitetet i Oslo.
- Mikkelsen, R., Buk-Berge, E., Ellingsen, H., Fjeldstad, D. og Sund, A. (2001): *Demokratisk beredskap og engasjement hos 9. klassinger i Norge og 27 andre land. Civic Education Study Norge 2001*. Institutt for Lærerutdanning og Skoleutvikling, Universitetet I Oslo.
- Millar, R. og Osborne, J. (1998): *Beyond 2000: Science Education for the future*. Kings College London. School of Education.
- Mogensen, F.: (1995): *Handlekompetence som didaktisk begreb i miljøundervisningen*. Licenciatafhandling. Skrifter fra Forskningscenter for Miljø- og Sundhedsundervisning nr 28. Danmarks Lærerhøjskole.
- Norges Forskningsråd (2000): *Norsk klima og ozonforskning. De første 10 år. Sluttrapport fra Forskningsprogram om klima- og ozonspørsmål (1989-1998)*. Norges forskningsråd. Oslo.
- Potts, A., M. Stanisstreet og E. Boyes (1996): Children's ideas about the ozone layer and opportunities for physics teaching. *School Science Review*, 1996 nr 78.
- Rye, J. A., P. A. Rubba og R. L. Wiesenmayer (1997): An Investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education* vol. 19 (5) s. 527-551

- Schnack, K. (1993): Handlingskompetence og politisk dannelse. Nogle baggrunde og indledende betragtninger. i Jensen, B. og Schnack, K. (red.): *Handlekompetence som didaktisk begreb*. s. 5- 15.
- Shamos, M. (1995): *The Myth of Scientific Literacy*. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.
- Sjøberg, S. (1998): *Naturfag som allmenndannelse – en kritisk fagdidaktikk*. ad Notam Gyldendal, Oslo.
- Skogland, M. (1999): *Geografi på ungdomstrinnet – et glemt kapittel?* Hovedfagsoppgave i geografi, PS-skrift nr. 8, 1999, Program for skoleforskning NTNU, Trondheim.
- St prp nr 39 (1997-98) *Om NSB Gardermobanen AS' økonomi*
- St prp nr 40 (1997-98) *Om tetting av Romeriksporten på Gardermobanen, beredskapsplan for tilbringersystemet til Oslo Lufthavn Gardermoen samt miljøtiltak i Groruddalen*
- Strahler, A.N. og A.H. Strahler (1989): *Elements of physical geography*. 4. edition, John Wiley & Sons, USA.
- Thorseng, H. (1997): *Spørsmål og svar i naturfag*. Hovedfagsoppgave i realfagdidaktikk, Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.