

# Et allmenndannende naturfag -

## Fagets betydning for demokratisk deltakelse

Stein Dankert Kolstø, Institutt for praktisk pedagogikk, Universitetet i Bergen

E-post: [stein.dankert.kolstoe@psypp.uib.no](mailto:stein.dankert.kolstoe@psypp.uib.no)

Dette er innsendt utgave som kan avvike noe fra publisert artikkel. For referering se publisert utgave: Kolstø, S. D. (2006). Et allmenndannende naturfag. Fagets betydning for demokratisk deltakelse. I *NorDina* nr.5, 2006.

Skolens naturfag skal gjøre elevene bedre rustet i møte med det samfunnet de er en del av og også den rolle naturvitenskap spiller i ulike sammenhenger. Men samfunnet endrer seg over tid, og det samme gjør mange sider ved naturvitenskapene. Det er derfor nødvendig tidvis å sette seg ned å vurdere slike endringer, og hvilke følger de bør få for skolens naturfag. Denne artikkelen er et forsøk på analysere endringer i naturfagene og deres roller i industri- og samfunnsliv, og på den bakgrunn å foreslå endringer i skolens naturfag.

Mitt utgangspunktet er en påstand om at det har foregått noen sentrale endringer på flere områder med relevans for skolens naturfag. For det første har naturvitenskapens rolle i samfunnet forandret seg. Samfunnet har endret seg fra å etterspørre naturvitenskapelig kunnskap som ledd i utvikling mot velferd for alle, til å etterspørre ny forskning som kan brukes som beslutningsgrunnlag i forhold til kontroverser i samtiden. For det andre har vår forståelse av naturvitenskapelig metode og hva som karakteriserer frambringelsen av pålitelig naturvitenskapelig kunnskap endret seg. For det tredje har naturvitenskapene selv radikalt endret karakter i forhold til den universitetsbaserte "akademiske" naturvitenskap som jeg vil hevde skolens naturfag fremdeles bygger på. Der naturvitere før drev grunnforskning styrt av de enkelte naturvitenskapelige disipliners ulike problemstillinger, har vi i dag 'industrialisert naturvitenskap' basert på behov identifisert av de som betaler for forskningen.

De tre endringene henger sammen, men det kan være fruktbart med denne tredelingen for lettere å kunne analysere dem. Sentralt i disse endringene står naturvitenskapen som sentral aktør i risikofokuserte kontroverser i politikk og samfunnsliv, der den ofte blir sett på både som problemskaper og problemløser. Den naturvitenskapelige dimensjonen ved mange av kontroversene i dagens samfunn vil derfor bli den røde tråden gjennom artikkelen.

I løpet av de siste par tiårene har det også funnet sted en endring i forhold til begreper som danning og allmenndanning. Denne endringen har også relevans for læreplantenkning, og vil derfor også bli analysert.

Min påstand er at læreplanene for skolens naturfag bare stykkevis og delt har tatt høyde for de tre første endringene nevnt ovenfor. Det trengs en radikal omlegging av naturfagene hvis de skal forberede de unge på dagens, og helst også morgendagens, samfunn. Dette gjelder spesielt hvis vi ønsker å ruste elevene til å delta med gjennomtenkte meninger inn mot kontroverser med en naturvitenskapelig dimensjon, såkalte sosio-vitenskapelige problemstillinger. Dette er et hovedsiktemål for det som gjerne kalles det demokratiske argument for naturfag for alle (Driveret. al.,1996; Millar, 1996; Sjøberg, 1997).

At naturfaget har relevans for elevens hverdagsliv, samfunnsliv og arbeidsliv er etter mitt syn av grunnleggende betydning. Det er obligatorisk for alle barn i Norge å følge naturfagundervisning i 10 år, og i tillegg er det obligatorisk første året på videregående skole. Bare et lite mindretall av disse elevene fortsetter med naturvitenskapelige eller teknologiske studieretninger. Det er derfor maktpåliggende at samfunnet kan føre gode argumenter for viktigheten av de kunnskapene som vektlegges i skolens obligatoriske naturfag.

Etter å ha sett nærmere på endringene jeg påpekte innledningsvis, vil jeg i denne artikkelen også se på hvilke kunnskaper vi i dag har om ungdommers møter med naturfaglig kunnskap i forbindelse med kontroverser. På denne bakgrunn vil jeg så peke på hva som etter min vurdering bør kjennetegne læreplanene i naturfagene hvis de skal kunne blir mer relevante for hverdags- og samfunnsliv.

## **Første endring: Naturvitenskapelig kunnskap som beslutningsgrunnlag**

Når en skal snakke om allmenndanning er det viktig å ha noen tanker om hva som kjennetegner det samfunnet en ønsker allmenndanne elevene til. Når jeg nå vil drøfte naturfag som allmenndannende, er det derfor av vesentlig betydning å forsøke å peke på hva som karakteriserer den naturvitenskapen som når det offentlige rom.

Vårt samfunn er i dag preget av mange av suksessene innen naturvitenskap og teknologi. Vi har fått antibiotika og en rekke andre medisiner og teknologier som gjør oss i stand til å hindre, lindre og behandle sykdommer og skader. Vi har fått materialer og teknologier som har muliggjort produksjon av både infrastrukturer og forbruks-goder til priser oppnåelige for flertallet. Listen her er lang og rekker fra asfalterte veier til elektrisitetsforsyning og fra regntøy og Lego til biler og TV. Vi har også kunnet bygge opp vern mot naturens luner basert på pålitelige værmeldinger. Og dette er bare noen få eksempler av mange.

Nå som grunnlegende behov i stor grad er dekket ser det ut til at blikket vårt rettes mot mulige farer mer enn udekkede materielle behov. Er det sunt å drikke rødvin? Og melk? Kan det hende at noen barn utvikler kreft fordi de bor på berggrunn hvor det siver ut radongass? Beck (1992) hevder at våre vestlige samfunn er blitt risikofokuserte. Men kanskje har naturvitenskapen selv bidradd til dette?

På ulike måter har naturvitenskapen bidradd til å fjerne eller minske risikoen for en rekke typer smerter og ubehag. Men så, litt etter litt, har dette bildet av naturvitenskapen som problemløser endret seg. Gjennom militært orientert naturvitenskapelig forskning har vi fått våpen som gir oss nye problemer og stri med, med utviklingen av atombomben som et viktig eksempel. Vi har også erfart at anvendelse av naturvitenskapelig kunnskap har fått konsekvenser for naturmiljøet, og også for vår egen helse. Gjennom genforskning har vi fått kunnskap som stiller oss ovenfor nye etiske dilemma. Alt dette innebærer at naturvitenskapen også er blitt en produsent av risikoer og problemer, og ikke lenger bare er en problemløser.

Mange av de nye risikoer innebærer at tidligere tiders synlige og kjente risikoer er blitt "erstattet" med usynlige og ukjente risikoer. Radioaktivitet er usynlig, og vanlige folk har små muligheter til å vinne erfaringer i hvordan en best kan hankses med den. Kjemiske tilsetningsstoffer er usynlige, likeså magnetfelt fra elektriske installasjoner. Vi er blitt avhengige av naturvitenskapen for å få kunnskaper om risikoer vi møter daglig.

På den mer positive siden har naturvitenskapelig forskning kunnet avdekke problemer på miljøsektoren som vi ellers ikke ville ha oppdaget før konsekvensene kanskje ville vært irreversible. Eksempler her er trusselen mot biodiversitet, klimaproblematikk og 'hull' i ozonlaget.

Hovedbildet som trer fram her er at etiske dilemma og risikoer knyttet til helse og naturmiljø er blitt områder hvor politikere og menigmann etterspør naturvitenskapelig kunnskap. Et karakteriserende trekk ved risikospørsmål er at de ofte utvikler seg til kontroverser. Når det brukes tilsetningsstoffer i matvarer er det fordi noen, industri eller kunder, ønsker det, selv om noen også ønsker disse fjernet i tilfelle det innebærer helse- og risiko. Det kan hevdes at når forurensing blir til et miljøproblem, er det fordi det foreligger en interessekonflikt

(Christensen & Kristensen, 1999). Noen må betale en pris, kanskje i form av redusert inntjening eller tap av arbeidsplasser, hvis forurensingen skal minskes.

Et annet karakteristisk aspekt ved mange av disse kontroversene er at de ofte inneholder ikke bare en, men to sentrale problemstillinger. Den ene er den politiske, samfunnsmessige, etiske eller personlige problemstilling, om hvilket handlingsalternativ som bør foretrekkes. Et eksempel her er spørsmålet "Skal vil tillate salg av bestrålte matvarer i Norge?". Den andre problemstillingen angår den naturvitenskapelige dimensjonen ved kontroversen. Her hender det ofte at svaret på et sentralt naturvitenskapelig spørsmål er uavklart eller omdiskutert. I kontroversen om bestråling av matvarer vil svaret på følgende spørsmål være omdiskutert: "Blir næringsverdien til matvarene forringet ved bestråling?". Dette er et naturvitenskapelig spørsmål. Hvis svaret på dette spørsmålet er uavklart stiller det lekfolk ovenfor en tilleggsutfordring når de skal gjøre seg opp en mening i en sak. Slike saker hvor også et sentralt naturvitenskapelig spørsmål er uavklart kan vi kalle "dobbelkontroverser".

I dobbelkontroverser vil det være relevant å forholde seg til naturvitenskap fra forskningsfronten når en skal søke å argumentere for et syn. Resultatet er at naturvitenskapelig forskning etterspørres, og brukes, av parter i interessekonflikter. Samfunnets interesse for ny naturvitenskapelig kunnskap går derfor langt utover et ønske om utvikling av ny teknologi eller kunnskap som en verdi i seg selv. Både politikere, næringsliv og 'mannen i gata' har etter andre verdenskrig fått økt interesse for avklaringer av hvorvidt ulike stoffer, fenomener og aktiviteter innebærer en risiko av en eller annen art.

Det radikalt nye i denne situasjonen er at naturvitenskapelig kunnskap fra forskningsfronten etterspørres og inngår i beslutningsgrunnlag uten at påstandene har gjennomgått et fagmiljøvurdering med henblikk på pålitelighet. Dette skjer i en tid hvor vitenskapelig kunnskap typisk brukes til å legitimere beslutninger i industri og samfunnsliv (Irwin & Wynne, 1996; Nydal, 2002).

Et eksempel her er spørsmålet om også sauer kan utvikle kugalskap. En forskningsinstitusjon, Institute for Animal Health i Edinburgh, ble her nedsatt av den britiske regjering for å studere sammenhengen. Her vurderte den britiske regjeringen å handle utfra instituttets funn som viste at dette var mulig. I siste liten ble det oppdaget at instituttet hadde begått avgjørende feil i merking av prøver (Leake, 2001).

### Skolens naturfag og kontroverser med en naturvitenskapelig dimensjon

Hvordan har så den norske skolens naturfag forholdt seg til den økte fokus på kontroverser i samfunnet? I læreplanene for skolens naturfag kan en se at miljøproblemer og vurdering av disse har fått en sentral plass. Etske dilemma med en naturvitenskapelig dimensjon er vektlagt i forbindelse med genteknologi. Helse er også et sentralt fokus i flere av læreplanene.

Men hvis en leser læreplanene nøye ser en at det er etablert naturvitenskapelig kunnskap som skal læres, for så å bli anvendt inn mot de nevnte temaene. Den spesielle karakteren til mange av kontroversene, der det naturvitenskapelige delspørsmålet ofte ikke er avklart, blir det ikke fokusert på. Der hvor media, industri og samfunn vurderer resultater fra forskningsfronten skal skolens elever vurdere kontroversene med utgangspunkt i etablert naturvitenskapelig kunnskap. Men det er jo svært sjeldent det dukker opp debatter rundt etablert naturvitenskapelig kunnskap? Og det er da ytterst sjeldent at slik kunnskap kan "løse" en kontrovers? Kjennskap til etablert naturvitenskapelig kunnskap er helt klart nødvendig for å forstå bakgrunnen, eller fenomenene som er grunnlag for, mange av kontroversene. Klimaproblematikken er et godt eksempel her, der kjennskap til drivhuseffekten kan være viktig for forståelsen av saken. Men spørsmålet er om ikke skolen burde tatt elevene med seg videre inn i konfliktene. Og ikke bare i den politiske, etiske, samfunnsfaglige delen av

kontroversen, men også inn i den naturvitenskapelige dimensjonen. Det er slett ikke sikkert det alltid vil være relevant, sett i et dannelsesperspektiv, å lære ulike teorier fra forskningsfronten, men det kunne være viktig å trene elevene i å analysere og vurdere bruken av naturvitenskapelige resultater fra forskningsfronten i ulike typer kontroverser. Det er viktig at vi spør oss selv hvilke kunnskaper, ferdigheter og holdninger som kan understøtte elevenes analyser og vurderinger.

Det er her samtidig viktig å unngå et ensidig fokus på den naturvitenskapelige dimensjonen ved en kontrovers. I sosio-vitenskapelige kontroverser vil kunnskaper fra mange ulike samfunnsområder normalt være relevante. Slike saker vil derfor ofte kreve en tverrfaglig behandling, noe som i skolesammenheng kan sees på som en mulighet til å arbeide på tvers av fag og til å se skolens ulike fag i sammenheng.

## **Andre endring: Vår forståelse av naturvitenskapelig metode har endret seg**

Naturvitenskapelig kunnskap er et av menneskehetens største kulturprodukter. Det har vært vanlig å regne at naturvitenskapelig forskning krever mennesker med stor moralsk integritet, oppofrelse og sannhetskjerlighet i tillegg til intellektuell og kreativ kapasitet (Merton, 1968; Ravetz, 1995). Eksempelvis brukte Darwin 20 år på å samle empiri som kunne underbygge hans teori om artenes utvikling.

Aikenhead (1994) påpeker at det skjedde en grunnleggende forandring i vitenskapen på 1700-tallet som han benevner som "the institutionalization of 'science'". Gjennom denne prosessen fikk naturvitenskapene innpass på Europas universiteter som egen disiplin med egne professorater. Denne disiplinen skilte seg fra andre disipliner ved den tids universiteter ved at dens utøvere søkte å basere den på observasjoner og eksperimenter. Fra renessansen og fram til det 17. århundre var naturvitenskap noe en del bemidlede mennesker drev med i sin fritid. Den 'nye' naturvitenskapen som vokste frem på 17-hundretallet med posisjoner og organisasjoner blir av Ravetz (1995) omtalt som "akademisk naturvitenskap". I denne tiden ble det bygget opp institusjoner og mekanismer som viste seg å være svært fruktbare. Det vokste fram tidsskrifter og konferanser som gjorde det mulig å spre nye ideer og stille de åpne for kritikk. Det vokste også fram et sett av normer som skulle sikre at forskningsresultater holdt høy kvalitet og ikke ble påvirket av forskeres personlige interesser. Vitenskapssosiologen Merton (1968 kap.18) har identifisert et sett grunnleggende normer han mener var konstituerende for vitenskapelig forskning. Sentralt her står idéene om at forskningsresultat skulle være uavhengige av forskerens interesser, at det i vitenskapen skal være rom for systematisk skepsis og tvil, og at vitenskapelig resultater tilhører fellesskapet og skal være offentlige.

Gjennom det 17., 18. og 19. århundre hadde naturvitenskapen en enorm suksess i den forstand at den maktet å frambringe kunnskap som omverdenen fikk tillit til som nøytral og objektiv, pålitelig og fruktbar. Hva var grunnlaget for denne suksessen?

Flere vitenskapsfilosofar har påpekt at det kan være fruktbart å skille mellom ulike typer naturvitenskapelige kunnskaper eller påstander. På den ene siden har vi påstander fra pågående forskning, fra forskningsfronten, hvor forskerne strever etter å "vinne nytt land". Hypoteser og resultater herfra vil ofte være omdiskuterte innad i forskningsmiljøene. På den andre siden har vi lærebokvitenskap som er den naturvitenskapen vi finner i lærebøker i skoler og studier på lavere grad. Kunnskapen en finner her vil det normal herske full enighet om innad i en disiplin, og den blir regnet som nøytral, objektiv og pålitelig. Bauer (1994) påpeker her at bare en brøkdel av de idéer og påstander som forekommer i forskningsfronten

med tiden blir regnet som pålitelig kunnskap. Hvordan greier forskersamfunnene å sortere ut hvilke hypoteser og resultater som har livets rett?

Ziman (1968) peker her på at resultater for naturvitenskapelig forskning legges fram for kollegaer og offentligheten gjennom publisering av artikler og presentasjoner på konferanser. Dette gjør det mulig for kollegaer å vurdere og kritisere forskningen. Så lenge forskningsresultater innen et problemfelt spriker, vil framsatte teorier gjerne være omdiskuterte i forskningsmiljøet. Over tid kan det likevel bli etablert en enighet innad i disiplinen om at pålitelige kunnskap om problemfeltet nå er oppnådd. Et hovedpoeng i denne beskrivelsen av vitenskapen er at resultater blir offentliggjort og debattert i et internasjonalt miljø av kompetente likemenn og kvinner. Gjennom disse vurderingene, og gjennom det implisitte kravet til konsensus, vil misforståelser, unøyaktigheter, fusk, og ikke minst interessevridning kunne oppdages og diskrediteres, og metoder og teorier som gjør eksperimentering og modellbygging mulig kan utvikles. Gjennom kravet til konsensus kan eventuell manglende nøytralitet ovenfor ulike hypoteser hos enkeltforskere kunne 'nulles ut'. Bauer omtaler dette som et 'kunnskapsfilter' (1994 kap.3). Med utgangspunkt i en slik beskrivelse av vitenskapen kan det dermed hevdes at det ikke nødvendigvis er bruk av en bestemt vitenskapelig metode som gjør naturvitenskapelig kunnskap pålitelig, men sosiale prosesser i forskningsdisiplinene hvor argumentering står sentralt.

Beskrivelsen ovenfor av hvordan naturvitenskapelig kunnskap 'kvalitetssikres' står i kontrast til en positivistisk epistemologi. I en positivistisk beskrivelse vil en spørre om teorien er i samsvar med objektive observasjoner og målinger som en kan kalle fakta om naturen. Dette vurderes i 'peer review' prosessen. Hvis det er samsvar, og hvis faktaene er objektive, kan en konkludere med at de teoretiske størrelsene korresponderer med størrelser i naturen (at den er sann eller i hvert fall tilnærmet sann). Teorien får da status som etablert 'læreboknaturvitenskap' som det hersker enighet om. I et positivistisk kunnskapssyn antar en altså at det finnes objektiv empiri, og at finnes vurderingskriterier som gjør det er mulig å finne ut om framlagt empiri er objektiv (Nydal, 2002).

I en konstruktivistisk epistemologi er målinger og observasjoner en kilde til argumenter, og disse argumentene må vurderes av fagmiljøet. Et underliggende poeng her er at teorier alltid er "underbestemt" av foreliggende data. Det vil alltid være mulig å utvikle flere teorier som er i samsvar med et gitt datasett. Et grunnleggende spørsmål her er hvordan naturen innvirker på valget mellom konkurrerende teorier (Cole, 1992). Noen konstruktivister, ofte kalt sosialkonstruktivister, hevder her at naturen har ingen eller liten innvirkning, og at etablering av enighet om riktigheten av en teori er bestemt av sosiale prosesser. Andre konstruktivister, meg selv inkludert, vil hevde at teorier er influert av og begrenset av empiriske data. Galison (1987) har f.eks. beskrevet utvikling av ny kunnskap som et samspill mellom ulike "føringer" av blant annet teoretisk, empirisk, teknologisk og idémessig art.

### Skolens naturfag og sosiale prosesser i naturvitenskap

Et første poeng her i forhold til naturfaget i skolen er at en positivistisk forståelse av etablering av ny naturvitenskapelig kunnskap står svakt i vitenskapfilosofiske miljøer, men sterkt i skolen. Knain (1999) fant i sin studie av et utvalg norske lærebøker i naturfag at utvikling av ny kunnskap typisk ble framstilt som enkeltindivider som frambringer kunnskap ved "å stille spørsmål og besvare dem gjennom eksperimenter" (s. 213). Forholdet mellom data og teori ble (implisitt) framstilte som trivielt, noe som selv dagens positivist knapt ville være enig i. Videre var sosiale prosesser i vitenskap, som vurdering og argumentering, nesten fraværende. I tillegg har læreplanene, og derfor også lærebøkene, en ensidig vekt på etablert naturvitenskapelig kunnskap. Hva undervisningen angår vil jeg bli overrasket om den avviker mye fra lærebøkene framstilling.

Tar vi derimot et øyeblikksbilde av dagens naturvitenskap vil vi se pågående forskning og argumentering. Det hadde kanskje ikke vært noen krise at ikke elevene ble kjent med naturvitenskap i bredere forstand hvis det ikke var for at den naturvitenskapen elevene oftest møter utenfor skolen er fra forskningsfronten. I ulike kontroverser i media møter elevene rapporter om forskning, og sprikende forskningsresultater. Flere studier har funnet at elever tenderer til å tolke det de oppfatter som ekspertuenighet som grunnlagt i at noen forskere må være interessestyrt eller inkompetente (Driver et al., 1996 kap. 9; Gaskell, 1994; Kolstø, 2001c). Mange studier peker også i retning av at elevenes kunnskaper om hva som kjennetegner naturvitenskap som prosess har naive positivistiske trekk (Arnold & Millar, 1993; Driver et al., 1996; Lederman, 1992; Ryan & Aikenhead, 1992; Ryder et. al., 1999; Solomon et. al. , 1994). De prosesser som avgjør hvilke resultat fra forskningsfronten som skal bli regnet som pålitelige ser det ut til at elevene forblir ukjente med selv etter 13 år med naturfag i skolen. Situasjonen er derfor den at skolens naturfag ikke forbereder elevene til å forstå den naturvitenskap og den debatt som de møter i samfunnet ellers.

I en samtid hvor et relativistisk kunnskapssyn vinner terreng, er det viktig at ikke all vitenskapelig kunnskap mister autoritet gjennom henvisning til ekspertuenighet og usikkerhet. Miljøproblemene skulle være god nok grunn til å se at vi også i framtiden trenger tillit til naturvitenskapelig kunnskap. I en tid hvor resultater fra forskningsfront og ekspertuenighet eksponeres i media tror jeg derfor det er viktig at folk flest kjenner til ideen om at det finnes to typer naturvitenskapelig kunnskap, og at den kunnskap det hersker konsensus om har gjennomgått en kritisk vurdering i et fagmiljø.

### **Tredje endring: Industrialisert naturvitenskap**

I det foregående gjorde jeg det til et hovedpoeng at etablert naturvitenskapelig kunnskap er tillitsverdig fordi den har gjennomgått en sosial prosess hvor ulike studier er vurdert opp mot hverandre, og hvor argumentering og kritikk har en sentral plass. Denne 'renselsesprosessen' hvor ulike aktørers interesser tenkes å utligne hverandre er muliggjort gjennom offentliggjøring av resultater. Når denne prosessen fungerer henger det sannsynligvis sammen med både normer og premieringsmekanismer. I naturvitenskap er det gunstig for den enkeltes karriere å publisere sine resultater, og det i journaler hvor artikkelene gjennomgår en grundig vurderingsprosess før de eventuelt blir publisert. Videre tilfaller det ære til den som er først ute med en ny idè eller teori som viser seg å stå mot kritikk. Hvis en forsker skal vinne gjennomslag for sin teori vil det være gunstig å peke på svakheter i konkurrerende teorier, og å kunne vise til forskning som bekrefter eller underbygger egne resultat. Det kan argumenteres for at den gjensidige vurderingen, og det faktum at det kreves stor grad av enighet innad i et forskningsfelt, gir trange kår for studier som er preget av personlige eller institusjonelle interesser eller sympatier. Disse fenomenene stimulerer til åpenhet gjennom publisering, og til aktiv vurdering av andres resultater, og derigjennom til tillit til resultater det kan etableres konsensus rundt.

Men er nå dette en god beskrivelse av dagens naturvitenskap? Mange har hevdet at god forskning forutsetter at forskerene selv identifiserer forskningsspørsmålene, og at de er frie fra bindinger til andre interesser enn æren forbundet med status i forskingsmiljøet samt egen interesse for faget. Ravetz (1995 kap.1) hevder at i tiden rundt andre verdenskrig skjedde det en grunnleggende forandring innen naturvitenskapelig forskning. Tidligere hadde forskning krevd små midler som ofte kunne dekkes gjennom grunnbevilgninger til universitetene. Men etterhvert begynte forskning å kreve større summer, og forskerene måtte lete etter finansieringskilder. I dag ser vi at svært mang forskere og naturvitere arbeider i industrien og i offentlige institusjoner. Bare en liten del av dem arbeider ved universitetene, og mye av forskningen der er oppdragsforskning. Kan vi fremdeles ha tillit til at både

forskningsresultater og uttalelser ikke er farget av interesser? Eller sagt på en annen måte: fungerer fremdeles 'kunnskapsfilteret' til Bauer?

Ravets hevder oppdragsforskning ofte er kjennetegnet av krav til hurtige resultater og kamp om midler. Videre hevder han at oppdragsgivere ser ut til å vektlegge publiseringshyppighet mer enn kollegers vurdering av resultater. Dette kan presse forskere til å gå på akkord med egne normer for grundighet og pålitelighetsvurdering. I tillegg kommer at mange oppdragsgivere krever hemmeligholdelse av resultater der disse er en konkurransefaktor for bedriften. Dette hindrer åpenheten som et fungerende kunnskapsfilter forutsetter.

I offentlig oppdragsforskning er en ofte ikke interessert i å bruke den tid og de ressurser som trengs for å få fram konsensuell naturvitenskapelig kunnskap. I mange tilfeller er sakene påtrengende og krever hurtig avklaring av veivalg. En satser på at en eller noen få enkeltstudier er tilstrekkelig som input fra naturvitenskapelig side i en sak.

Et eksempel her er forskning på spredning av lakselus fra oppdrettslaks til villaks. I et intervju uttrykte professor Yngvar Olsen her sin bekymring angående kvaliteten på den oppdragsforskningen som her var gjort for Direktoratet for naturforvaltning (Jakobsen, 2002, s.3). Kritikken var basert på hans studie av ti ulike publikasjoner fra denne oppdragsforskningen. Resultater herfra var lagt til grunn når direktoratet utarbeidet forvaltningsstrategier. Olsen hevdet bl.a. at "[k]rav om publisering i fagtidsskrift med refereedordning er [...] nødvendig for å sikre den vitenskapelige kvaliteten, men ikke alltid tilstrekkelig". Direktoratet forsvarte seg med å påpeke at hovedregelen var at rapportene fra forskerne gjennomgikk en intern kvalitetssikring hvor en kontrollerte om kvalitetskrav var oppfylt. De påpekte også at tidsaspektet "ofte er en flaskehals".

Situasjonen som her er beskrevet kalles gjerne for industrialiseringen av naturvitenskapen, og representerer en klar forandring fra tradisjonen med akademisk naturvitenskap. I vår tid med et sterkt fokus på mulige helserisikoer og miljøproblemer er samfunnet på alle plan blitt en etterspørter av forskningsresultater. Da problemene ofte krever et veivalg hurtigst mulig vil etterspørselen gå i retning av resultater fra forskningsfronten. Det ser ikke ut til at verken offentlige eller private aktører ser seg i stand til å prioritere nok tid og penger til at kunnskapsfilteret får fungere. Dette forhold forverres av at forskere flest i dag er knyttet opp mot institusjoner og industrier som ikke har fagdisipliners utvikling som mål, men har helt andre i og for seg legitime interesser. Når samfunnet så ofte etterspør ekspertråd som må baseres på naturvitenskap fra forskningsfronten vil spørsmål om uttalelsenes objektivitet bli påtrengende. Flere studier beskriver eksempler hvor forskeres valg av modell i sin forskning og rådgiving virker rimelig å forklare ved henvising til interesser (Bingle & Gaskell, 1994; Longino, 1983; Martin, 1991). Det er menneskelig å la seg farge av de interesser en har eller er knyttet opp mot. Dette er en av grunnene til at naturvitenskapens frambringning av store mengder kunnskap om naturen som i relativt liten grad er farget av menneskers politiske og økonomiske interesser er en unik prestasjon av menneskeheten.

### Skolens naturfag og industrialisert og sosialisert naturvitenskap

Forskningsresultater fra industrialisert naturvitenskap utgjør en vesentlig del av den naturvitenskapen elevene møter utenfor skolen. Lytter de til ekspertuttalelser vil forskerne som oftest være knyttet opp mot institusjoner og organisasjoner med andre hovedinteresser enn fagdisiplinens utvikling. Uttalelser til naturviterene ved British Department of Health i Storbritannia om at risikoen knyttet til kugalskap (BSE) var svært liten (Irwin & Wynne, 1996) ser unektelig ut til å ha vært farget av den regjeringens ønske om å unngå hysteri og unødvendige økonomiske konsekvenser. I første fase av saken hevdet de at det ikke var mulig at kugalskap kunne overføres til mennesker. De uttalte seg med en sikkerhet det ikke var dekning for i forskningsmateriale. Hvis en kjemisk fabrikk har naturvitenskapelig utdannede

eksperter som ansvarlige for sikkerheten ved bedriften, og sikkerhet koster penger, vil ekspertenes vurdering av ekstra sikkerhetstiltak kunne farges av arbeidsgiverens interesser? Arbeidere og lokalbefolkningen i tilknytning til en kjemisk bedrift i Manchester vurderte det slik i sin kamp for strengere sikkerhetstiltak (Irwin et. al., 1996).

Interesser er et tema som angår naturvitenskapens institusjonelle karakter. Historisk sett har skolen vektlagt kunnskaper i naturvitenskapens produkt, fenomener, begreper, lover og teorier. Etter andre verdenskrig har naturvitenskap som prosess fått sterkere og sterkere innpass i læreplanene, men med prosess snevert definert som praktisk arbeid og i den senere tid som eksperimentering. Sosiale prosesser har ikke vært inkludert. Generelt har naturvitenskapens institusjonelle karakter har glimret med sitt fravær. Sannsynligvis er kunnskap om naturvitenskap lite studieforberedende, men hvis målet er å ruste elevene for å kunne forstå, analysere og ta stilling til den naturvitenskapelige dimensjonen ved kontroverser i samtiden er den høyst relevant.

For øyeblikket ser det ut til at skolens naturfag fortsatt bygger på et bilde av naturvitenskap som akademisk naturvitenskap etter modell fra de foregående århundrene, og med et naivt positivistisk kunnskapssyn. Dette innebærer at skolens naturfag ikke har greid å ta høyde for de til dels radikale endringene som har skjedd i naturvitenskapens karakter og dens forhold til resten av samfunnet. Noen elever fra Naturfag grunnkurs jeg intervjuet våren 1997 hadde faktisk ingen idéer om hvor forskere arbeidet, utover ”på universitetet” (Kolstø, 2001c).

Hvis elever på skolen møter et bilde av naturvitenskapelig kunnskap som objektiv og nøytral kunnskap det hersker full enighet om, står de dårlig rustet til å forstå og analysere uttalelser og påstander de møter i forbindelse med sosio-vitenskapelige kontroverser i samtiden.

## Naturfag som allmenndanning

Begrepet danning er igjen blitt et sentralt begrep i diskusjoner om skolens mål. Det assosieres ikke lenger bare med høflighet og kulturell kapital, men med et bredt spekter av egenskaper, kunnskaper og holdninger. Innen naturfagutdanning har begrepet allmenndanning fått en sentral plass i diskusjoner om naturfag for alle (Sjøberg, 1994).

I denne artikkelen vil jeg forkusere på allmenndanning, som kritisk holdning. Begrepet allmenndanning innebærer her en presisering av at jeg snakker om danning ikke bare for en elite, men for alle. Kritisk holdning er et honnørbegrep, og det er generell enighet om at skolen skal forsøke å utvikle en slik holdning hos elevene. Begrepet er en klar parallell til begrepet 'scepticism' som representerer en sentral verdi i naturvitenskapens selvforståelse.

Men kritisk holdning er ikke en entydig positiv størrelse. Fra filosofisk hold har det blitt hevdet at tillit er en avgjørende faktor hvis vitenskaper skal kunne vokse og ny kunnskap utvikles (Norris, 1995; Siegel, 1988). Skal forskere kunne bygge på hverandres resultater må de stole på at visse normer er fulgt, og de må anta at de fleste fakta påstander i en artikkel medfører riktighet. Hvis den enkelte forsker skal være kritisk til alt hun leser, vil hun aldri komme lenger enn til å kontrollere sannhetsgehalten i mengder av trivielle påstander: Er det for eksempel riktig at den refererte person mente det som hevdes?

Et annet forhold er at i vår postmoderne samtid vil en kritisk holdning lett kunne bli forvekslet med en holdning som sier at det er umulig å vite noe sikkert, og at alle påstander er like gode. Et slikt kunnskapsrelativistisk syn er ikke det vi ønsker å fremme gjennom skolens naturfag. Tvert imot vil jeg hevde at i møte med f.eks. miljøproblematikk er det viktig at naturvitenskapelig forskning også nyter tillit i befolkningen. I naturfaget sår vi derfor ovenfor den utfordringen at vi ønsker å utvikle både tillit og kritisk holdning til naturvitenskap.



## Allmenndanning som bakgrunnskunnskap

Nå er ikke kritisk holdning et entydig begrep. I forlengelse av utfordringen jeg nevnte vil jeg hevde at en kritisk holdning først og fremst bør innebære at en foretar selvstendige vurderinger av påstander en møter, basert på forståelse og personlige verdier. En slik definisjon setter fokus på den bakgrunnskunnskap og de analyseredskaper som trengs for å oppnå forståelse. I sammenheng med naturfaglig allmenndanning vil dette innebære at en har kunnskaper som setter en i stand til å analysere og forstå debatter inn mot sosio-vitenskapelige kontroverser. Utfordringen i læreplansammenheng blir så å identifisere hvilke kunnskapselementer som kan øke elevens kompetanse til å analysere og forstå.

Den naturfaglige komponenten i sosio-vitenskapelige kontroverser vil være forskjellig fra sak til sak og veksle over tid. Dette gjør det umulig for skolen å forberede elevene på alle aspekt ved det naturvitenskapelige innholdet. Men hele det naturvitenskapelige feltet er preget av en tenkning og noen grunnleggende paradigmer som ofte vil kunne utgjøre en god basis for å forstå mer spesifikke problemstillinger. Eksempler kan være mikroorganismer som forklaring for sykdom, Darwins utviklingsteori, gener som forklaringsmodell for arv, partikkelmodellen for materiens oppbygging og teorien om fundamentale krefter i naturen. Kjennskap til slike teorier er nødvendig, men ikke tilstrekkelig til å kunne forstå argumenter i kontroverser hvor påstander fra forskningsfront inngår.

På bakgrunn av naturvitenskapens rolle og kjennetegn i dagens samfunn, slik de ble beskrevet i første del av denne artikkelen, vil jeg hevde at noe kunnskap om naturvitenskap som prosess og som institusjon, i tillegg til naturvitenskapens produkt, er nødvendig for å kunne analysere og forstå den naturvitenskapelige dimensjonen i mange sosio-vitenskapelige kontroverser (Kolstø, 2001b). Skal en kunne foreta vurderinger av naturvitenskapens resultat, dens produkt, må en også vite noe om de typer prosesser som frambringer den, og de institusjonelle kontekster den blir til i. La oss anta at en elever leser i en avis at en britisk studie har funnet at barn som vokser opp nær høyspentledninger har økt risikoen for å utvikle leukemi (NTB, 1999, s.8). Hvis eleven her har lite kjennskap til naturvitenskap som prosess, eller har et naivt positivistisk syn på kunnskap, vil funnet kunne bli vurdert som et faktum. Hvis derimot eleven har mer kunnskap om sosiale prosesser i naturvitenskapen, samt innsikt i hvordan institusjonelle forhold kan spille inn i vurderinger, vil eleven kunne vurdere funnet som et argument mer enn som et faktum.

Å påpeke at det er ønskelig at elevene innehar relevant kunnskap i forbindelse med vurderinger er likevel ikke problemfritt. Denne ønskeligheten kan oppfattes dithen at kunnskaper bør være en forutsetning for deltagelse i demokratisk avgjørelsesprosesser. Med en slik vekt på kunnskap er ikke veien lang til å hevde at avgjørelser i sosio-vitenskapelige kontroverser bør overlates til fagekspertise. Men slike avgjørelser impliserer også verdiavveinger (Kolstø, 2001b). Det er derfor viktig å myndiggjøre elevene i forhold til det å ta beslutninger. Jeg mener derfor det er viktig at kunnskaper i og om naturvitenskap tilbys elevene som analyseredskaper de selv, med utgangspunkt i egen verdensanskuelse, må velge om de vil gjøre bruk av. Vi kan heller ikke se bort fra at det ligger et maktspekt her, gjennom at kunnskapsbaserte analyser og argumenter lettere vil kunne vinne gehør i mange sammenhenger. Dette maktspektet peker også i retning av at skolen bør vektlegge kunnskaper i og om naturvitenskap for alle elever.

## Allmenndanning som å kunne tenke i alternativer

Men begrepet allmenndanning i betydningen kritisk holdning lar seg ikke begrense til kjennskap til kunnskaper i og om naturvitenskapen. Skal en kunne foreta vurderinger på grunnlag av kunnskap må en også ha en personlig holdning eller disposisjon der en ikke tar alt

en møter for gitt og uforanderlig, men ser for seg muligheten for at ting kan forholde seg annerledes. Det er meningsløst å vurdere eller kritisere hvis en ikke mener at menneskers framstilling av virkeligheten, eller meninger om virkeligheten, i prinsippet kan være feilaktige. Skal kunnskaper i og om naturvitenskap fungere dannende må den enkelte derfor samtidig kunne tenke i alternativer. Kitchner (1981) hevder her at menneskers syn på kunnskap normalt utvikler seg over tid gjennom et antall stadier som bygger på hverandre. I barneårene skiller vi bare mellom rett og galt, senere antar vi mer et mer relativistisk kunnskapssyn. For mange utvikler det relativistiske kunnskapssynet seg videre til et mer intersubjektivt syn på kunnskap som bygger på at noen påstander er bedre underbygget av argumenter enn andre. Skolens oppgave kan her sees som å hjelpe elevene forbi et syn på naturvitenskapelig kunnskap som sanne eller falske påstander samtidig som en søker å bringe dem forbi det relativistiske stadiet.

Hvis elevers holdning til kunnskaper og påstander er viktig, må vi også sette søkelyset på hvilke holdninger til vurdering av kunnskap og påstander som framkommer gjennom fag og undervisning. Spissformulert må en lærer velge enten å oppdra til foreskrevne holdninger og vurderinger, eller å tilby kunnskaper og vurderingsmåter som redskaper elevene kan velge å bruke, eller ikke å bruke, i tråd med egne holdninger og verdier. Innen miljøundervisning har det her skjedd en dreining fra en vekt på rett kunnskap, rett løsning av miljøproblemer og den rette holdning til disse, og over til en tenkning der kunnskaper må vurderes, løsningene kan være mange og må diskuteres, og elevene må trenes i selv å foreta vurderinger og valg (Christensen & Kristensen, 1999). Bunnlinjen her er at hvis vi ønsker at elevene skal tenke i alternativer og argumentbasert vurdering så må dette understøttes av undervisningen gjennom at kunnskap framstilles som intersubjektive, og gjennom at elevenes blir ansvarliggjorte til selv å måtte foreta vurderinger.

### Allmenndanning som ferdighet i analyse og informasjonsinnhenting

Så langt har jeg definert allmenndanning som en kombinasjon av kunnskaper i og om faget, og et epistemologisk grunnsyn hvor alle påstander og kunnskaper i prinsippet kan diskuteres med henblikk på pålitelighet og relevans. I forhold til et demokratisk samfunn med sosiovitenskapelige kontroverser kan det her diskuteres om en slik allmenndanning har noen betydning hvis eleven ikke evner å gjøre bruk av sine kunnskaper og holdninger i konkrete situasjoner. Definisjonene bør derfor utvides med en erfarings- eller ferdighetsdimensjon. Forsking innen 'Cognition in practice' og forskning på bruk av spesialisert naturvitenskapelig kunnskap inn mot komplekse teknologiske og samfunnsmessige problemstillinger peker i retning av at anvendelse av tilegnet kunnskap i virkelige situasjoner ikke er trivielt (Layton, 1991). Tvert i mot ser det ut til at spesialiserte disiplin kunnskaper må transformeres og restruktureres for å kunne møte reelle komplekse kontekster, og at denne transformeringen kan være like krevende som innlæringen av disiplin kunnskapen.

Elevene må derfor gjennom naturfaget få utvikle ferdigheter i å foreta kunnskapsbaserte vurderinger. Disse ferdighetene kan gå på evne til å analysere tekster og uttalelser og derigjennom identifisere påstander med en naturvitenskapelig dimensjon. Videre kan det gå på å vurdere slike påstander med henblikk på pålitelighet og relevans, og hvordan skaffe seg nødvendig tilleggsinformasjon for å kunne foreta slike vurderinger. I tillegg kan det også gå på å utvikle evnen til å kunne formidle egne argumenter og vurderinger skriftlig og muntlig.

### Elevers analyse av kontroverser

I en diskusjon om lærplankonsekvenser av det demokratiske argument bør relevans være et viktig kriterium for valg av innhold. Relevans kan vurderes ut fra en overordnet tenkning om dagens virkelighet og utfordringer vi mennesker står ovenfor. Dette var mitt fokus i første

halvdel av denne artikkelen. I dette avsnittet vil jeg velge et 'nedenfra perspektiv' og diskutere hvilke kunnskaper som kan være relevante vurdert på bakgrunn av studier knyttet til elever og voksne i møte med kontroverser med en naturvitenskapelig dimensjon.

### Etikkfokuserte

Det er ikke en selvfølge at elever eller lekfolk i sin allminnelighet forholder seg til den naturvitenskapelige dimensjonen i sosio-vitenskapelige kontroverser når de gjør seg opp en mening i saker. Tvert i mot har det vært hevdet at det ser ut til at "science disappears" når lekfolk diskuterer kontroverser (Irwin et al., 1996). I en klasseromsstudie jeg deltok i våren 2001 ble elever satt til å diskutere problemstillinger knyttet til genteknologi. Den foreløpige analysen her tyder på at elevene bruker ord fra det naturvitenskapelige vokabular når de diskuterer, men at de ikke diskuterer betydningen av disse begrepene. Elevenes fokus i disse diskusjonene er helt klart på den etisk-politiske dimensjonen av problemstillingene de arbeidet med: "Bør vi tillate salg av genmodifiserte matvarer?". I disse diskusjonene brukte elevene naturvitenskapelige ord på en slik måte at det som oftest ikke er mulig å vurdere om de har forstått begrepene. Kanskje er dette heller ikke nødvendig? Elevene vurderer ønskeligheten av mulige konsekvenser av ulike handlingsvalg. Hvis de stoler på ekspertinformasjonen om mulige konsekvenser av de ulike handlingsvalgene er det vel ikke nødvendig for elevene å forstå naturvitenskapen og teknologien som muliggjør handlingsvalgene. Da trenger de bare de naturvitenskapelige ordene som 'merkelapper' på de ulike problemstillingene og handlingsvalgene: "snakker vi nå om genmodifiserte matvarer eller kloning av mennesker?".

### Forstå problemstillinger og argumenter

Selv om naturvitenskapelig kunnskap ikke benyttes i en etisk-orientert diskusjon, vil det likevel være å forvente at en må kunne nok om naturvitenskapelige nøkkelbegrep til å kunne skille ulike problemstillinger. Forskning innen miljøundervisning viser her at mange elever blander sammen problemstillinger knyttet til atmosfærisk ozon med klimaproblematikk og drivhuseffekt (Henriksen & Jorde, 2001). I en kvalitativ studie av elevers syn på noen bioteknologisk problemstillinger fant Lewis et. al. (1997a) at noen elever strevde med å skille ulike problemstillinger knyttet til moderne genteknologi. Disse elevene maktet ikke å utvikle synspunkt som bygget på etablert informasjon. På den andre siden peker Lewis et al (1997b) på at de fleste elevene var i stand til å tenke gjennom problemstillinger på meningsfulle måter, og dette til tross for at studien også viste at elevene hadde klare mangler i sin forståelse av nøkkelbegreper innen genetikk. Et eksempel her er at elevene hadde uklare forestillinger om forskjellen mellom begrepet genome, som er informasjonen, og den genetiske kode, som er språket informasjonen er skrevet i. Elevene strevde også med idéen om at ulike celler i et individ kunne utvise forskjeller ved at ulike deler av den genetiske informasjonen ble brukt i ulike celler. Slik mangel på forståelse gjorde det tidvis vanskelig å forstå problemstillinger og argumenter involvert.

I den første klasseromsstudien ovenfor viste det seg at ingen av elevgruppene hadde diskusjoner knyttet til den naturvitenskapelige dimensjonen ved kontroversen (utover korte avklaringer). For eksempel valgte ingen av elevene å gå inn i en vurdering av hvorvidt ekspertuttalelser de fant var til å stole på. Det er tenkelig at hvis de hadde gått inn i en slik vurdering, ville dette ha medført at de også hadde diskutert den naturvitenskapelige dimensjonen av problemstillingen.

## Risikofokuserte

En av kontroversene som tidvis dukker opp i media er spørsmålet om høyspentkabler bør legges utenom boligområder, eller eventuelt graves ned. Bakgrunnen for kontroversen er at noen studier har funnet økt risiko for å utvikle leukemi for barn som vokser opp nær slike ledninger. I 1997 gjorde jeg en studie hvor jeg intervjuet 22 elever som tok naturfag grunnkurs om deres meninger om kontroversen (Kolstø, 2001a). Jeg fant da at elevene fokuserte på risikospørsmålet når de skulle begrunne sin oppfatning i saken. Dette kom til uttrykk på ulike måter. Noen elever mente at risikoen i forbindelse med høyspentledninger var mindre enn andre risikoer vi omgås, og at ledningene derfor kunne fortsette å gå i luften hvor som helst. Noen elever la vekt på at det jo kunne hende at kablene innebærer en risikoøkning, og at ledningene derfor burde graves ned. Andre elever mente at den aktuelle risikoen var så liten at dette egentlig ikke burde vært noen sak i det hele tatt. En siste gruppe av elever pekte på at det ikke var enighet i forskermiljøet om det var en risikoøkning eller ikke, og at det derfor var umulig å gjøre seg opp en mening.

Vi ser her at i dette tilfellet forholdt alle elevene seg til den naturvitenskapelige dimensjonen når de skulle begrunne sin oppfatning i saken. Ja faktisk var deres syn på det naturvitenskapelige delspørsmålet, hvorvidt det er økt risiko involvert, av avgjørende betydning for deres oppfatning i saken. I denne studien var elevene av den oppfatning at forskerne som hadde arbeidet med saken var uenige eller ikke visste risikoen med sikkerhet. I denne situasjonen valgte så elevene å gå inn i en vurdering av hvilke resultater en burde bygge en avgjørelse på. Dette innebar at de også vurderte påliteligheten til ulike forskningsresultater.

## Elevers analyse av den naturvitenskapelige dimensjonen

Hvis vi ser på diskusjoner i media vil vi se at det også der er vanlig at det naturvitenskapelige risikospørsmålet blir stående sentralt i kontroverser knyttet til helse og naturmiljø. Hvis det er så at lekfolk foretar vurderinger knyttet til den naturvitenskapelige dimensjonen i sosiovitenskapelige kontroverser vil det i en undervisningssammenheng være interessant å se nærmere på hvilket kunnskapsgrunnlag de foretar vurderingene, samt hvordan skolens naturfag eventuelt kan styrke dette vurderingsgrunnlaget.

I studien av elevers syn i 'høyspentledningsaken' var det ytterst få som brukte naturvitenskapelig kunnskap inkludert i skolens naturfag når de foretok vurderinger. Den ene gangen dette ble funnet var det en elev som argumenterte for at magnetfelt fra høyspentledninger var en sannsynlig årsak til blodkreft siden blodet inneholder jern og magnetfelt 'virker' på jern. Elevenes vurderinger var i stor grad knyttet til spørsmålene om sannsynligheten for, og størrelsen på, risikoen for økt hyppighet av barneleukemi. I denne sammenhengen fokuserte elevene på kontekstuelle faktorer: Hvilke aktører var mest kompetente? Hvem kunne tenkes å være påvirket av interesser? En bør høre på de som er nøytrale. Elevene jeg intervjuet så altså ut til å tolke det de oppfattet som ekspertuenighet i lys av begreper som kompetanse og interesser (Kolstø, 2001c). Til dette funnet vil jeg knytte tre kommentarer.

## Ekspertuenighet

For det første var jeg personlig overrasket over at så mange av elevene oppfattet forskerne som uenige. Min oppfatning ved oppstart av undersøkelsen var at forskerne hadde gjort ulike funn, men at de alle oppfattet forskningsfeltet til å være i letefase og at ingen ennå visste, eller hadde sterke meninger, i saken. Elevenes tolkning av forskerne som uenige kan være grunnet i at forskerene ikke var tydelige nok på at alle tall var usikre, eller i at journalistene som

presenterte forskningen eller ekspertuttalelsene ikke brakte dette videre på en tydelig nok måte. Men en medvirkende faktor kan også være at elevene mangler en tolkningsnøkkel som gjør at de forstår informasjonen. Innen naturvitenskap er det en grunnleggende norm at når en forsker uttaler seg offentlig skal hun praktisere en forsiktighet som innebærer utsetting av tiltro til funn. Denne normen står i motsats til det som mange opplever som en vanlig menneskelig egenskap, nemlig tro på egne idéer og funn. Forskere går neppe fri fra denne menneskelige egenskapen, men Holton (1978 kap.2) hevder her at det innen naturvitenskapen finnes et normpar som sier at i sin forskning og sitt laboratorium kan en forsker praktisere 'suspension of disbelief' (utsettelse av mistro), mens i det offentlige rom bør hun praktisere 'suspension of belief.(utsettelse av tiltro)

Aikenhead (1985) beskriver i en artikkel hvordan en Canadisk dommer feiltolket en naturviters praktisering av forsiktighetsnormen "suspension of belief" til at forskeren prøvde å skjule biologisk informasjon som kunne felle den anklagede. Kjennskap til normen om utsetting av tiltro til resultater når en uttaler seg i offentlighet kan være et analyseredskap som gjør det lettere å vurdere sprikende ekspertuttalelser. Analyseredskapene "kompetanse" og "interesser" er viktige, men det er ikke gitt at de alltid er de eneste fruktbare.

### Vurdering av kontekstuelle faktorer

Min andre kommentar angående elevenes fokus på kompetanse og interesser angår elevenes muligheter til å bruke kriteriene kompetanse og interesser i sine vurderinger. Det viste seg nemlig at selv om elevene uttrykte et ønske om å lytte til de mest kompetente og de mest nøytrale, så hadde de fleste få forestillinger om hvem som fylte disse kriteriene. Generelt holdt de forskerne for å være kompetente "siden de har jobbet med det". Men hvis ekspertuenighet skulle bunne i inkompetanse hos noen, hvem av forskerne kunne tenkes å havne i denne kategorien? Hvordan skulle en kjenne igjen inkompetanse hos en forsker eller i en rapport? Det hadde få elever tanker om. Og hvilke av forskerne var nøytrale, og hvilke studier kunne tenkes å være påvirket av forskernes private eller institusjonelle interesser? Og hvilke interesser kunne ulike institusjoner og forskere tenkes å inneha? Dette så det ikke ut til at elevene hadde særlig kunnskaper eller idéer om. Bare i få tilfeller kunne jeg se at noen elever var i stand til å benytte idéen om interesser i en konkret pålitelighetsvurdering. Det ser altså ut til at elevene vurderer det slik at naturvitenskapelige funn eller uttalelser kan tenkes å være påvirket av kontekstuelle faktorer, men uten at de hadde nok kunnskaper til å kunne bruke disse idéene i konkrete sammenhenger.

Et tydelig trekk ved elevenes tenkning her er at de fokuserer på informasjonkildens troverdighet. Det finnes her et mangfold av studier som finner at lekfolk i møte med naturvitenskapelig informasjon vurderer, ikke innholdet, men hvem som kommer med informasjonen (Irwin, 1995; Irwin & Wynne, 1996; Laytonet. al., 1993).

Hvis vi her ser på skolens læreplaner i naturfagene vil vi se at de inneholder få mål knyttet til naturvitenskap som institusjon. Hvor arbeider naturvitenskapelige forskere i dag? Hvilke normer gjelder i ulike deler av naturvitenskap? Hvor benyttes naturvitenskapelig ekspertise i dagens samfunn? Hvilke mål, verdier og interesser kan de tenkes å inneha de ulike institusjonene hvor det foregår naturvitenskapelig forskning? Her ser det ut til at skoletradisjonen overlater kunnskap om naturvitenskap som institusjon til samfunnsfagene, og til elevenes 'comon sense'. Spørsmålet er om et naturfag som sikter mot demokratisk deltagelse ikke burde vektlegge naturvitenskap som institusjon i langt større grad enn i dag.

## Syn på naturvitenskapelig kunnskap

Min tredje kommentar angående elevenes fokus på kompetanse og interesser angår deres syn på naturvitenskapelig kunnskap. Hvis elever ikke ser andre mulige årsaker til ekspertuenighet enn inkompetanse og interesser, så er det vanskelig å tolke dette som annet enn at de har et naivt positivistisk syn på naturvitenskapelig kunnskapsproduksjon. Med dette mener jeg at slike elever sannsynligvis anser naturvitenskapelig forskning som basert på en metode som gjør den enkelte forsker eller forskerteam i stand til å oppdage fakta om naturen. Hvis forskere kommer til ulike resultat, er det da rimelig å anta at en av dem ikke er kompetent nok i sin metodebruk. Alternativt kan interesser ha påvirket henne i tolkning og framstilling av data og resultater slik at de ikke gir et riktig bilde av naturen.

I et utviklingsarbeidet fant Mestad (2002) at ungdomsskoleelever fokuserer på enkeltforskere, og ikke på forskerfellesskapet og evaluering og kritikk av resultater. Videre gav de uttrykk for et naivt positivistisk syn på forskning ved at de anså at disse enkeltforskerne gjennom å gjøre ett enkelt forsøk "fant ut ting om naturen". Dette innebærer også at elevene opererer med to typer naturvitenskapelig påstander: sanne og falske. Dette synet står i motsetning til nyere forståelse av naturvitenskapelig kunnskap som fokuserer på forskjeller og likheter mellom kunnskap fra forskningsfronten og etablert naturvitenskapelig kunnskap.

Det er viktig at elever vurderer om inkompetanse eller interesser kan ha farget funn og framstilling når de vurderer informasjon med en naturvitenskapelig dimensjon. Men det er også viktig at skolen forsøker å bibringe elevene kunnskap som kan sette dem i stand til å gjøre mer differensierte analyser av naturvitenskapelige påstander. Her vil idéen om forskjellen mellom hypoteser fra forskningsfronten og etablert naturvitenskapelig kunnskap være et viktig element. Økt kjennskap til sosiale prosesser i naturvitenskap, samt det komplekse samspillet mellom empiri og teori, vil her kunne brukes som et redskap til å tolke ekspertuenighet som legitim faglig debatt i en letefase.

Konsekvensene av en slik analyse er likevel ikke uproblematisk. Hvis nå en elev vurderer det slik at en ekspertuenighet bunner i en diskusjon i forskningsfronten, hvilken hjelp får hun av dette til å vurdere hvilken påstand hun skal bygge sin oppfatning i en sak på?

### **Vurderingsstrategier**

Her er vi tilbake til spørsmålet om hvorvidt naturvitenskapelig kunnskap er relevant i møte med etiske og politiske kontroverser med en naturvitenskapelig dimensjon. Når eleven prøver å gjøre seg opp en mening i en dobbeltkontrovers vil hun også måtte forholde seg til den naturvitenskapelige kontroversen (for eksempel i form av reell eller tilsynelatende ekspertuenighet). I sitt arbeide med den naturvitenskapelige delkontroversen vil jeg tro eleven må velge blant fire ulike strategier.

#### Gi opp å vurdere den naturvitenskapelige delkontroversen

Den første muligheten er selvfølgelig å gi opp å danne seg en oppfatning i den naturvitenskapelige delkontroversen. Et slikt valg av strategi kan bunne i at eleven opplever det slik at hun ikke har nok kunnskap til å kunne forstå og vurdere den naturvitenskapelige dimensjonen. I så fall har skolens naturfag en meningsfull utfordring. Eleven kan så bygge sin oppfatning i den etisk-politiske kontroversen på andre aspekt enn det uavklarte naturvitenskapelige delspørsmålet, eller la være å gjøre seg opp noen oppfatning i det hele tatt.

## Vurdere kontekstuelle faktorer

En annen mulighet er at eleven vurderer kontekstuelle faktorer (Bingle & Gaskell, 1994; Norris, 1995; Siegel, 1988) som for eksempel hvilke verdier eller interesser ulike kilder til naturvitenskapelige synspunkt er knyttet opp til. Andre eksempler på kontekstuelle faktorer er finansieringskilde, karisma, prestisje, og hvilke resultat som har best støtte i relevante forskningsmiljøer. Eleven kan så vurdere hvilke informasjonskilder hun vil bygge sine videre vurderinger på. Et eksempel her er en av elevene jeg intervjuet i 'høyspentledningsaken'. Denne jenta valgte å holde seg til vurderingene fra de forskerne hun følte delte hennes føre-var prinsipp gjennom vektlegging av at det kunne være en risiko tilstede, eller med andre ord de hun trodde delte hennes verdigrunnlag. Et kjennetegn på kontekstuelle faktorer er at disse er relatert til vurdering av kilden til informasjonen, og ikke til av innholdet i informasjonen.

## Bruke naturvitenskapelige kriterier i vurderingen

Den tredje mulige strategien vil være at eleven velger selv å forsøke å vurdere hvilke funn eller vurderinger som er mest i samsvar med empiri og teori. Med andre ord innebærer denne strategien å forsøke å foreta samme typen vurderinger som en forsker forventes å gjøre gjennom å benytte det som gjerne kalles vitenskapelige kriterier. Eleven fokuserer her på innholdet i informasjonen, og ikke på kilden. Denne tredje strategien er krevende og innebærer at eleven forsøker å trekke en naturvitenskapelig begrunnet konklusjon der forskerfellesskapet ikke har maktet å konkludere ennå. Flere har argumentert for at det er urealistisk at lekfolk skal kunne foreta slike vurderinger da de krever detaljert kunnskap til fagfeltet og at en er sosialisert inn i normer for slik vurdering (Bingle & Gaskell, 1994; Hardwig, 1985; Norris, 1995). På den andre siden kan det hevdes at miljøbevegelsen inneholder mange eksempler som viser at engasjerte lekfolk kan tilegne seg nok kompetanse til å foreta vurderinger som innebærer relevant kritikk av enkeltstudier på naturvitenskapens egne premisser.

I min studie av elevers argumentering i forhold til 'høyspentledningsaken' fant jeg bare noen svake ansatser til denne typen vurdering. Hovedeksempelet her er at de fleste av de 22 elevene som ble intervjuet brukte funn fra forskning i sin argumentering. Deres bruk innebar likevel ikke at de vurderte sterke og svake sider ved de ulike studiene. De hadde riktignok ikke blitt presentert for metodiske detaljer i disse studiene, men elevene etterspurte ikke slike detaljer. De hadde heller ikke forsøkt å skaffe seg informasjon om slike i løpet av dagene mellom arbeidet med saken i klassen og intervjuet. Ingen av elevene forholdt seg til bruk av data, metode eller teori relatert til forskning på risikospørsmålet.

Skolens naturfag vil neppe kunne ha ferdigheter i bruk av naturvitenskapelige kriterier som mål for undervisningen. (Dessuten vil mange hevde at slike kriterier varierer fra disiplin til disiplin (Bingle & Gaskell, 1994), og at det kanskje ikke finnes et sett med slike kriterier som er universelt gyldige (Nydal, 2002).) Det skolens naturfag likevel kan gjøre er å vektlegge naturvitenskap som en prosess som også inkluderer sosiale prosesser med argumentering, kritikk og vurdering av resultater. Skal slike sosiale prosesser kunne vurderes som meningsfulle må også det komplekse samspillet mellom empiri og teori vektlegges. Slik grunnleggende kunnskap om naturvitenskapelig kunnskapsproduksjon kan gi elever den ballast som trengs til selv å kunne arbeide seg videre inn i den naturvitenskapelige dimensjonen ved en kontrovers når de kommer i en situasjon hvor det blir aktuelt.

## Vurdering basert på pålitelighetsindikatorer

Jeg vil hevde at det også finnes en fjerde strategi elevene kan velge å bruke. For igjen å referere til studien knyttet til "høyspentledningsaken" så identifiserte jeg der noen

vurderingskriterier som jeg valgte å kalle for "pålitelighetsindikatorer". Et eksempel her er om en påstand om funn av risiko er tallfestet, og ikke bare formulert som "mye" eller "lite". Andre eksempler er at flere elever fant informasjon mer tillitsvekkende hvis den "virket seriøs", inneholdt detaljerte forklaringer, at den ikke stred med, og helst kunne sees å samsvare med, kunnskap en allerede holdt for pålitelig. Noen elever pekte implisitt på forståelighet som en forutsetning for at en påstand kunne bli vurdert som pålitelig. I en oppgave om vurdering av nettsider pekte noen av mine lærerstudenter ved universitetet på at logisk konsistens i en argumentasjonsrekke var viktig for deres vurdering av en påstand som troverdig.

Strategien med å bruke pålitelighetsindikatorer skiller seg fra de to foregående ved at den ikke er fokusert på informasjonskilden, slik som kontekstuelle faktorer, og de innebærer heller ikke en vurdering av forskningsmetoder, empiri eller relasjon til teori. Det virker derfor ikke rimelig å regne dem som en type vitenskapelige kriterier.

Generelt fokuserer pålitelighetsindikatorer på informasjonens foreliggende innhold, uten å forutsette at en sjekker opp detaljer om forskningsmetoder eller institusjonstilhørighet. Dette medfører en viktig svakhet med pålitelighetsindikatorer som vurderingsgrunnlag. I den grad de fokuserer på forekomst av spesielle elementer i en tekst gir de rom for manipulasjon ved at slike elementer som for eksempel referanser kan legges inn uavhengig av pålitelighet, relevans eller eksistens av de oppgitte referanser.

Ved fravær av kjennskap til forskningsmetoder, empiri og relevant teori ser det ut til at elevene må velge mellom å bruke kontekstuelle faktorer eller bruke pålitelighetsindikatorer. Alternativt må de bruke tid og krefter på å sette seg dypere inn i forskningen på området. Kanskje er mange pålitelighetsindikatorer som brukes akseptable sett fra et naturvitenskapelig ståsted, men er det bruk av slike vurderingskriterier vi ønsker å fremme gjennom skolens naturfag? Eller ønsker vi å sette elevene i stand til å kunne bruke det vi løslig kan omtale som vitenskapelige kriterier av typen "utvalgsstørrelse" og "korrelasjon versus årsakssammenheng"?

## Konklusjon

I det foregående har jeg pekt på tre viktige endringer knyttet til naturvitenskap og dens rolle i samfunnet. Jeg har også prøvd å definere et bredt danningsbegrep samt presentere funn og problemstillinger knyttet til elevers arbeid med sosio-vitenskapelige dobbeltkontroverser. En hovedpåstand i den siste delen av artikkelen var at hvis en elev er konfrontert med en sosio-vitenskapelig kontrovers må han velge enten å stole på de naturvitenskapelige påstandene som inngår, eller gå inn i en vurdering av disse. Ved ekspertuenighet må han enten se vekk ifra den naturvitenskapelige dimensjonen når han gjør seg opp en mening i saken, eller han må gå inn i den naturvitenskapelige dimensjonen ved kontroversen og selv vurdere ekspertenes vurderinger.

Min påstand vil her være at hvis skolens naturfag skal kunne fungere allmenndannende i forhold til samtidskontroverser må den tilby elevene analyseredskaper og ferdigheter som kan sette dem i stand til å foreta adekvate vurderinger med utgangspunkt i egne verdier. Som emner som kan styrke elevers muligheter i analyse av sosio-vitenskapelige dobbeltkontroverser vil jeg foreslå følgende:

Kunnskap i de grunnleggende modellene for beskrivelse av naturen som naturvitenskapene har utviklet. Herunder teorien om gener og arv, mikrobeteorien for sykdom, partikkelmodellen for materiens oppbygging og gener som forklaringsmodell for arv.



Kunnskaper om ulike former for naturvitenskapelig kunnskap i form av påstander fra forskningsfronten og etablert naturvitenskapelig kunnskap.

Kunnskaper om naturvitenskap som en prosess hvorved påstander fra forskningsfronten forsvinner ut av fagfeltet eller blir etablert som pålitelig kunnskap. Herunder kjennskap til viktigheten av prosesser som offentliggjøring og argumentering.

Kjennskap til det komplekse forholdet mellom empiri og teori under tolkning av data og utvikling av nye teorier. Herunder kjennskap til hvordan dette gir tolkningsrom som gjør det legitimt å fremme ulike tolkninger, og som gjør det relevant å vurdere om interesser kan påvirke tolkning av data.

Kjennskap til at naturvitenskap også kan betraktes som en institusjon med normer og interesser. Herunder kjennskap til normparet "utsetting av mistro" og "utsetting av tiltro", samt krav til empirisk evidens i underbygging av argumentasjon.

Kjennskap til ulike typer institusjoner hvor naturvitenskapelig kunnskap produseres, formidles og anvendes. Herunder sentrale karakteristika på oppdragsforskning og industribasert forskning.

Det vil også være grunnleggende å tydeliggjøre at naturvitenskap bare er ett av mange kunnskapsområder av relevans i beslutningssituasjoner, samt at normative utsagn inn mot politikk og etikk ligger utenfor naturvitenskapenes doméne.

Hvis en elev skal kunne velge å bruke slike kunnskaper til å analysere naturvitenskapelige dimensjoner ved kontroverser er det også nødvendig at elevene har fått utvikle ferdigheter i analytisk bruk av disse. Her er det viktig at elevene også må arbeide med å søke informasjon knyttet til forskning og informasjonskilder som gir de det vurderingsgrunnlag de selv mener de trenger.

Men det som sannsynligvis likevel er viktigst, er å arbeide med elevenes holdninger til kunnskap. Vurdering og argumentering forutsetter et syn på kunnskap hvor eleven ikke opererer med sanne og falske påstander, men med kunnskaper som påstander som er bedre eller svakere underbygget av argumenter. Uten et slikt syn på kunnskap vil ekspertuenighet måtte forstås som utslag av inkompetanse og interesser, og det å gå inn i en forsøksvis naturvitenskapelig vurdering av forskningsresultater vil måtte framstå som meningsløst.

## Referanser

- Aikenhead, G. S. (1985). Collective Decision Making in the Social Context of Science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- Aikenhead, G. S. (1994). The Social Contract of Science. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS Education. International Perspectives on Reform* (pp. 11-20). New York: Teachers College Press.
- Arnold, M., & Millar, R. (1993). *Students' understanding of the nature of science: annotated bibliography* ( Working Paper No. 11). Leeds/York: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, The University of Leeds/Science Education Group, University of York.
- Bauer, H. H. (1994). *Scientific Literacy and the Myth of the Scientific Method*. Urbana, Illinois: University of Illinois Press.
- Beck, U. (1992). *Risk Society. Towards a New Modernity*. London: Sage Publications.
- Bingle, W. H., & Gaskell, P. J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 72(2), 185-201.

- Christensen, K. G., & Kristensen, T. (1999). *Fra naturfag til politikk. Mot et paradigmeskifte i miljøundervisningen?* (Forskningsrapport fra MUVIN 2 i Norge ). Tønsberg: Statens Utdanningskontor i Vestfold.
- Cole, S. (1992). *Making Science. Between Nature and Society*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young Peoples' Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Galison, P. (1987). *How Experiments End*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gaskell, J. P. (1994,). *Assessing STS Literacy: What's Rational?* Paper presented at the 7th IOSTE Symposium, Enschede, The Netherlands.
- Hardwig, J. (1985). Epistemic dependence. *The Journal of Philosophy*, 82(7), 335-349.
- Henriksen, E. K., & Jorde, D. (2001). High school students' understanding of radiation and the environment: can museums play a role? *Science Education*, 85, 189-206.
- Holton, G. (1978). *The Scientific Imagination: Case Studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jakobsen, S. E. (2002). Industrien er en bedre oppdragsgiver enn forvaltningen. *Forskning*, 1, 3.
- Irwin, A. (1995). *Citizen Science - A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. London: Routledge.
- Irwin, A., Dale, A., & Smith, D. (1996). Science and Hell's kitchen: The local understanding of hazard issues. In A. Irwin & B. Wynne (Eds.), *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology* (pp. 47-64). Cambridge: Cambridge University Press.
- Irwin, A., & Wynne, B. (Eds.). (1996). *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kitchener, K. S., & King, P. M. (1981). Reflective judgement: concepts of justification and their relationship to age and education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 2, 89-116.
- Knain, E. (1999). *Naturfagets tause stemme. Diskursanalyse av lærebøker for Natur- og miljøfag i et allmenndannelsesperspektiv* Dr.gradsavhandling. Oslo: Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet. Universitetet i Oslo.
- Kolstø, S. D. (2001a). *Science Education for Citizenship. Thoughtful Decision-Making About Science Related Social Issues*. Dr.gradsavhandling Oslo: Unipub.
- Kolstø, S. D. (2001b). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-310.
- Kolstø, S. D. (2001c). "To trust or not to trust, ..." Students' ways of dealing with a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- Layton, D. (1991). Science education and praxis: the relationship of school science to practical action. *Studies in Science Education*, 19, 43-79.
- Layton, D., Jenkins, E., Macgill, S., & Davey, A. (1993). *Inarticulate science? Perspectives on the Public Understanding of Science and Some Implications for Science Education*. Nafferton: Studies in Education Ltd.
- Leake, J. (2001). BSE sheep warnings ignored for years, [WorldWideWeb]. *The Sunday Times* [2001, 10.22], URL: [www.sunday-times.co.uk](http://www.sunday-times.co.uk).

- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lewis, J., Leach, J., Wood-Robinson, C., & Driver, R. (1997a.). *Genetic Engineering - The Limits: Discussion by 15-16 year old Students on the Acceptable uses and Limitations of Genetic Engineering*. Paper presented at the First International Conference of the European Science Education Research Association.
- Lewis, J., Driver, R., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (1997b). *Opinion on and Attitudes Towards Genetic Engineering: Acceptable Limits* (Working paper 7). Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Longino, H. (1983). Beyond "bad science": sceptical reflections on the value-freedom of scientific inquiry. *Science, Technology and Human Values*, 8(1), 7-17.
- Martin, B. (1991). *Scientific Knowledge in Controversy. The Social Dynamics of the Fluoridation Debate*. New York: State University of New York Press.
- Merton, R. K. (1968). *Social Theory and Social Structure* ( 3. ed.). New York: The free press.
- Mestad, I. (In press).Læring gjennom åpen forsøk i naturfag. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Bergen.
- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77(280), 7-18.
- Norris, S. P. (1995). Learning to live with scientific expertise: toward a theory of intellectual communalism for guiding science teaching. *Science Education*, 79(2), 201-217.
- NTB (1999). Høyspentmaster gir kreftrisiko. *Bergens Tidende*, 29. november.
- Nydal, R. (2002). *I vitenskapens tid. Introduksjon til vitenskapsfilosofi etter Kuhn*. Oslo: Spartacus forlag.
- Ravetz, J. R. (1995). *Scientific knowledge and its social problems* ( 2nd ed.). New Brunswick, NJ: Transaction Publishers.
- Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Ryder, J., Leach, J., Driver, R. (1999). Undergraduate Science Students' Images of Science. *Journal of Research in Science Teaching*; 36(2), 201-19.
- Siegel, H. (1988). Rationality and epistemic dependence. *Educational Philosophy and Theory*, 20, 1-6.
- Sjøberg, S. (1994). Naturvitenskap, demokrati og dannelse. Noen fagdidaktiske perspektiver. In K. Schnack (Ed.), *Fagdidaktikk og dannelse - i et demokratisk perspektiv*. (Vol. Bind 10). København: Danmarks Lærerhøjskole.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. In E. Kallerud & S. Sjøberg (Eds.), *Science, Technology and Citizenship. The Public Understanding of Science and Technology in Science Education and Research Policy* (pp. 9-28). Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education.
- Solomon, J., Scott, L., & Duveen, J. (1994). *Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science*. Paper presented at the 7th IOSTE Symposium, Enschede, The Netherlands.
- Ziman, J. (1968). *Public Knowledge: An Essay Concerning the Social Dimensions of Science*. Cambridge: Cambridge university Press.