# Fra Fysikkens Verden

**Nr. 1 – 1991**

**53. årgang**

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

**Innhold**

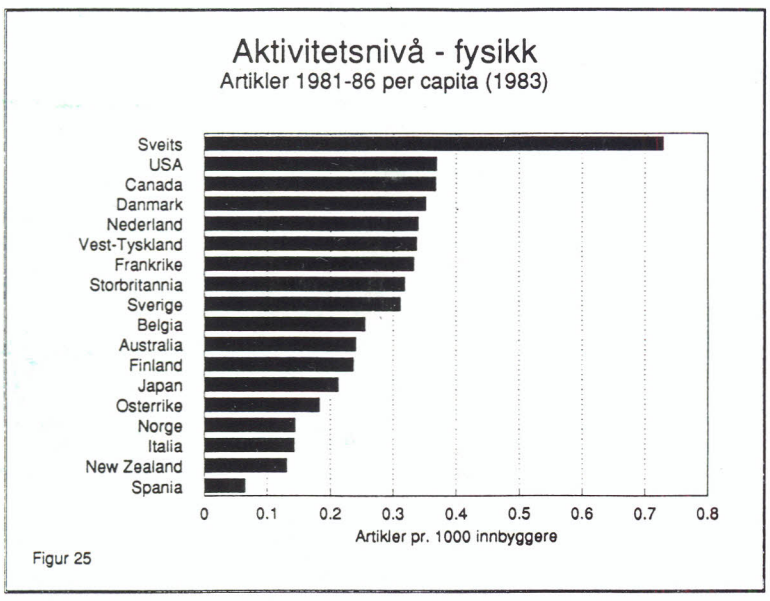
**Ruth Esser:**
Solaktivitet og dens virkning på jordas omgivelser ..... 5

**Karl Torstein Hetland:**
Fysikkprosjekt i 2FY ved Dalen vidaregåande skule ..... 11

**Olav Steinsvoll.**
Småvinkelspredning av nøytroner i biologisk forskning ..... 18

In Memoriam: Arne F. Andresen .... 2
Fra Redaktørene ..... 2
Fra Presidenten
**Thormod Henriksen** ..... 2
Nye Doktorander ..... 3
Dr.Ing. Sigmund J. Andresen
Dr.Scient. Bjørn Rune Henriksen
Dr.Scient. Kari Reksten
Dr.Scient. Rasit Turan
Dr.Scient. Tom A. Røtting
Dr.Ing. Jon Andreas Støvneng
Index 1990 ..... 13
Trim i FFV ..... 23
Kommentar V til trimløsning ..... 23
Kommentar Vb til trimløsning ..... 24
Hva skjer ..... 25
Nytt fra NFS ..... 25
Velkommen til Fysikermøtet 1991
Program og påmelding
Innkalling til Årsmøtet
Reisestipend til Fysikermøtet
Nye medlemmer

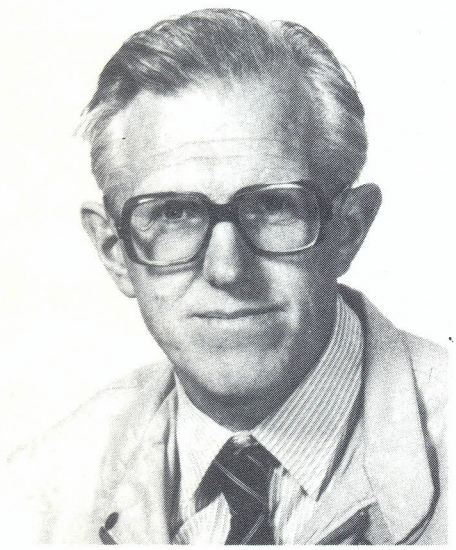
**ISSN-0015-9247**




Figur 25

Norsk Fysikk i internasjonal sammenheng – krise? (G. Sivertsen, Rapport 1/91, NAVFs utredningsinstitutt)

# In Memoriam



## Minneord om Arne F. Andresen

Dr. philos. Arne F. Andresen er gått bort.

Vår kjære ven og arbeidskollega, Arne F. Andresen vart brått riven bort ved ei trafikkulykke den 20. januar, 64 år gamal. Sidan 1954 hadde han arbeidd som forskar ved Fysikkavdelinga ved Institutt for energiteknikk på Kjeller, dei siste åra som assisterande avdelingsleiar. I to år var han gjesteforskar i USA og Sveits. Han har publisert meir enn 60 fagartiklar i internasjonale tidsskrift, dei aller fleste i samarbeid med forskarar ved universitet og forskingsinstitutt i inn- og utland.

Hovudinteressa hans galdt kartlegging av magnetisme i krystallar, eit reint grunnforskingsproblem. Dessutan var han blant pionérane i studiet av metallhydrid. Arbeidet hans på desse stoffa har avdekt strukturelle vilkår for effektiviteten til hydrid som energiberarar. Til sin død, i meir enn ti år, var han medlem av den internasjonale styringskomitéen for forsking på eigenskapar og bruk av metallhydrid. I femten år var han medlem i nøytrondiffraksjonskomitéen i Den internasjonale krystallografiske unionene, i tre år som formann. Då gjennomførde han ei samanlikning av eigenskapane til nøytron pulverdiffraksjonsinstrument ved forskingsreaktorar over heile verda.

Pulverdiffraksjonsmetoden utfyller anna forsking på magnetiske stoff, m.a. ved Kjemisk institutt, UiO, og Arne forvalta difor ein eksperimentell teknikk som er viktig for samarbeid mellom fleire forskingsgrupper. Det er mange studentar som innanfor kjemi og fysikk som har teke hovudfagsarbeidet sitt med Arne som rettleiar. Bortgangen hans er difor eit stort tap for norsk forsking.

Med sitt venlege og hjelpsame vesen og sin fine omgangstone hadde han mange vener. Han var ei god støtte for den nærmaste familien, men også for ein stor venekrins, som vil sakne han sårt.

*Arbeidskollegar ved*
*institutt for energiteknikk*

∞

# Fra Redaktørene

".... fysikk er et lite aktivt forskningsfelt i Norge". Dette utsagn finner vi i en rapport om norsk forskning i internasjonal sammenheng, utarbeidet av Gunnar Sivertsen ved NAVFs utredningsinstitutt (Forskningsnytt, 3/4 1990). Undersøkelsen tar utgangspunkt i antall artikler publisert innen de forskjellige fagområder i internasjonale tidsskrifter og hvor hyppig artiklene siteres i årene 1981-86. I denne undersøkelsen kommer – som sitatet ovenfor antyder – norsk fysikk ikke særlig godt ut, hverken i forhold til "de land det er naturlig å ssammenlikne seg med" eller i forhold til de øvrige norske fagområder som er med i undersøkelsen.

Når en slik karakteristikk slås opp i dagspressen (Aftenposten, 12/12-90) får de en negativ effekt som ikke nødvendigvis reflekterer rapportens premisser og konklusjoner. For oss som fysikere er det naturlig å spørre etter årsaken til at norsk fysikk kommer dårlig ut målt etter antall internasjonalt publiserte arbeider i internasjonale tidsskrifter per capita pr. år. Flere faktorer kan tenkes å bidra til den svake plassering, bl.a.:

- *norske fysikere er dårligere enn andre lands fysikere,*
- *det er få norske fysikere per capita,*
- *norske fysikere har små økonomiske ressurser til disposisjon,*
- *Norge har ingen internasjonale forskningsinstitusjoner av typen CERN, NORDITA.*

Av disse momenter, vil det første være det tyngste å akseptere, men siden de øvrige momenter sansynligvis bidrar til Norges svake plassering, bør kanskje den endelige dom over norske fysikere utstå til deres betydning er nærmere klarlagt.

Ved vår egen institusjon, Fysisk institutt, UiO, har vi ved selvsyn observert hvordan økt økonomisk ressurstilgang nærmest kan føre til en ren eksplosjon i faglig aktivitet innen et miljø.

En nærliggende konklusjon; vil man utnytte norske vitenskapelige miljøers potensiale, må de tilføres ressurser i et omfang som gjør at de kan hevde seg i internasjonal sammenheng. Det vil høyne ambisjonsnivået, aktiviteten vil øke og flere artikler per capita vil bli publisert – og sitert.

Sivertsens undersøkelse er nyttig fordi den setter søkelyset på et hovedresultat av grunnforskningen, de internasjonalt publiserte forskningsresultater. Undersøkelsen bør følges opp for å få klarlagt de bakenforliggende årsaker til at bl.a. norsk fysikk i denne sammenheng kommer dårlig ut.

∞

# Fra Presidenten

Ved årsskiftet avsluttet Eivind Osnes en periode på 11 år som president for Norsk Fysisk Selskap. Eivind har alltid stått sentralt innen fysikken og hans store kunnskaper om norsk og internasjonal fysikk kom NFS tilgode. Det første jeg vil gjøre som nyvalgt president er å rette en varm takk til Eivind for den betydelige innsats han har gjort i de mange år han ledet Selskapet.

Når en ny president tar fatt vil kanskje enkelte vente at jeg i likhet med politikere skal legge frem et program og antyde satsingsområder for Selskapet. Ja, selvsagt ønsker jeg at norske fysikere skal satse - at de viser ansikt.

For de fleste av Selskapets medlemmer kan en si at arbeidsoppgavene og interessene er: 1). Forskning og dens formidling, 2). Undervisning og 3). Informasjon.

Vi har lenge konsentrert oss om de to første av disse oppgavene og i stor grad overlatt til andre, som ikke har faglig

bakgrunn i fysikk, å gi informasjon om vårt fagområde.

Jeg tar neppe for sterkt i når jeg hevder at vi har forsømt oss en smule når vi overlater til ikke-fysikere å uttale seg om deponering av radioaktivt avfall eller å fortelle befolkningen hva plutonium er. Jeg har som mange andre fysiker interesser innen de fagområder som vi kan kalle "miljøfysikk". Siden det er et skrikende behov for informasjon på disse fagområder vil jeg oppfordre Selskapets medlemmer til å ta del i samfunnsdebatten -og til å gi informasjon om vårt fagområde både lokalt, nasjonalt og internasjonalt. Den informasjon vi gir må være faglig korrekt og ærlig - og helst på et nivå som gjør at ikke-fysikere forstår det. Vi bør ikke være fornøyd med at journalister og mediefolk overtar formidlingen av vårt fagområdet.

Det er også et mål for NFS å øke rekrutteringen til fysikk og samtidig øke medlemstallet i Selskapet. Styret vil satse på dette, slik at når vi kommer til Fysikermøtet 91 i Trondheim skal vi være flere. Vi håper videre at en del av NFS-medlemmer til den tid har gitt et lite bidrag i retning av nøktern informasjon om fysikernes mange og alment interessante områder.

∞

# Nye Doktorander

## Sigmund J. Andersen

Sigmund J. Andersen Forsvarte den 18. juni 1990 avhandlingen *Quasicrystals and intermetallic phases in rapidly quenched aluminium alloys* for dr.ing. graden.

Arbeidet har hovedsaklig vært innenfor fagfeltet materialfysikk. En stor del av studiet har vært viet undersøkelser av kvasikrystallenes struktur og mikrostruktur ved bruk av elektronmikroskopi.

Kvasikrystaller er en ny type materialer som først ble påvist i 1984, og såvel struktur som egenskaper er fortsatt forholdsvis dårlig forstått. De er særlig godt kjent for sin svært uvanlige 5-tallige symmetri og aperiodisitet.

Arbeidet har i tillegg til elektronmikroskopistudiene vært konsentrert om bygging av utstyr for produksjon av hurtigstørknet materiale, i såvel ren kvasikrystallinsk form som i legeringer med en forholdsvis høy konsentrasjon av kvasikrystaller.

Materiale som har vært produsert er nå under utprøving med tanke på praktiske anvendelser.

## Bjørn Rune Henriksen

Bjørn Rune Henriksen forsvarte 7. desember 1990 sin dr.scient. avhandling *Mechanical properties and transmission electron microscopy studies of the interface microstructure of SiC reinforced aluminium alloys made by squeeze casting*. Metallmatriks kompositten han har studert er framstilt på SI ved smeltepressing.

I den kombinasjonen av styrke og stivhet fra fiberforsterkningen man vil oppnå, må grenseflata metall/kjeram bl.a. ha evne til å overføre spenningene fra matriks til fibrene. Dette er bestemt av strukturelle forhold over avstander ned til atomært nivå. De faser og mikrostrukturer som dannes når metallsmelten størkner inn mot keramet er helt avgjørende for modeller for kompositten mekaniske oppførsel. Transmisjonselektronmikroskopi er den metode best kan gi informasjon om slik lokal struktur.

Henriksen har ved ulike avbildnings-, diffraksjons- og analytiske teknikker - og ved å bruke forskjellige prepareringsmetoder - vist hvordan fasene har ulik binding til fiberen og derved ulik innvirkning på de mekaniske egenskaper ved grenseflata. I makroskopiske teorier for mekanisk styrke til kompositter kan dette inkluderes ved en effektiv bruddstyrke for fibrene.

Undersøkelsene er finansiert av NTNF og ble foretatt ved Fysisk institutts gruppe for strukturfysikk (UiO) i samarbeid med SI.

Henriksen arbeider nå ved ELKEMs forskningsenter i Kristansand.

## Kari Reksten

Kari Reksten, som den 13 desember 1990 forsvarte sin avhandling *Microstructures in carbonates from North Sea sandstones: A transmission electron microscope study*, er geolog, men arbeidet var utført i gruppe for strukturfysikk, Fysisk institutt, Blindern under veiledning av Arne Olsen og Jon Gjønnes. Avhandlingen er et nytt eksempel på fysikk i

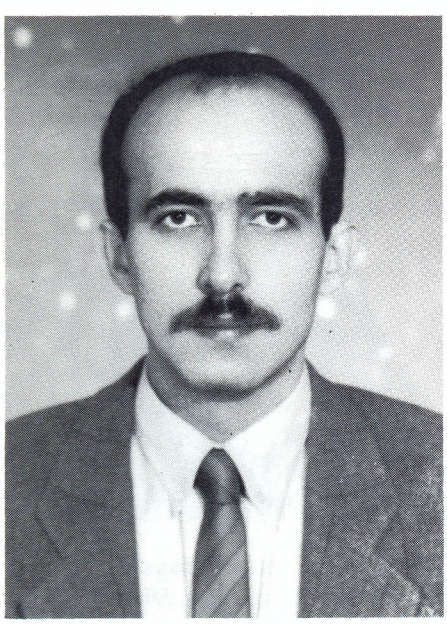
tverrfaglig samarbeid - og på det mangfold av fysikkproblem vi finner i geologiske fag, på en skala som går fra kontinentenes utstrekning til atomene.

Karbonatmineraler binder sammen sandkorn til stein i sedimenter, som blir mer eller mindre porøse alt etter hvor godt og tett de er sementert: som reservoarbergarter bør de ikke være for tette. Geokjemi og faststoff-fysikk på en fin skala i rom (men lang i tid) bestemmer således sedimentenes permeabilitet. Mekanismene for vekst og omvandling av mineraler i kontakt med porevann gjenspeiles i krystallografiske forhold, på en submikroskopisk skala der elektronmikroskopet er et nødvendig verktøy til å klarlegge mikrostrukturene.

Et av de mest interessante strukturtrekk Reksten fant i disse lavtemperatur karbonatene kan tyde på sellulær vekst.Et annet viktig resultat er påvisning av domener i kalsitt ($CaCO_3$ og ankeritt $(Ca(Fe,Mg,Mn))(CO_3)_2$). Domenene, som har innslag av fremmedioner, har en ordning som avviker noe fra vertsmineralet.

Kari Reksten arbeider nå i et geologisk konsulentfirma med bl.a. oppdrag for oljeindustrien, og undersøker der karbonatformasjoner på en noe større skala.

## Rasit Turan



Rasit Turan, M.Sc., forsvarte 14.12. 1990 sin avhandling *High Concentration Effects of Ge and As in Si* for dr.scient. graden.

Arbeidet er utført ved Fysisk Institutt og delvis ved Senter for Industriforskning (SI), med finansiell støtte fra (NTNF).

Prosjektet er innenfor halvleder - teknologi og -fysikk, og omfatter amorfisering av silisiumkrystall med ioneimplantasjon, fast fase krystallvekst av amorfisert Si-lag, og deres effekter på fordeling av urenhetsatomene. Dette har betydning for "miniaturisering" av halvlederkomponenter. Metoden ble brukt for å redusere uønsket kanalføringseffekt av lette atomer, noe som gjør det vanskelig å lage grunne p-n dioder med en implantasjon av lette ioner i Si. Si overflaten er derfor amorfisert med en ekstra implantasjon før implantering av lette ioner, noe som bl.a. kan påvirke transport av ladningsbærere. Dette, og en rekke andre problemer som er relatert til denne prosessen, ble analysert i avhandlingen.

Ioneseparator, transmisjon elektronmikroskopi og Rutherfords tilbakespredningsspektroskopi ble brukt for diagnostiske studier. En økt og asymmetrisk diffusjon av urenhetsatomene ble observert. En ny modell for diffusjonsmekanismen ble foreslått og dens konsistens ble demonstrert med eksperimentelle data.

Elektriske egenskaper av Ge-implantert og oksidert silisium ble også studert. Her vil et SiGe-lag bli dannet mellom oksyd og Si-substansen, og prosessen kan derfor brukes til å lage SiGe/Si hetero-overganger. Dette er et meget aktuelt tema, fordi SiGe-båndgapet kan justeres ved å forandre Ge-mengden. Mange forskjellige komponenter som bruker en eller flere slike overganger er blitt foreslått og demonstrert i de siste årene. Skal ovennevnte oksydasjonsprosess benyttes for å lage SiGe/Si-overganger, er en detaljert kontroll av systemets elektriske egenskaper avgjørende.

Metall Oksyd Halvleder (MOS)-strukturer ble benyttet for å studere disse egenskapene, og det ble demonstrert at et tynt SiGe-lag mellom oksyd og Si-substrat har store effekter på karakteristikkene av en MOS-kondensatør. Omfattende eksperimentelle data og deres interpretasjon og modellering ble presentert.

## Tom A. Røtting

Cand. scient. Tom A. Røtting (29) forsvarte 1. februar sin avhandling *Dynamic-programming-like Algotiyhms in long-term operation planning for Hydro-dominated Power systems* for dr. scient. graden.

Arbeidet er gjort ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet ved Den Allmennvitenskapelige Høgskolen (AVH), Universitetet i Trondheim.

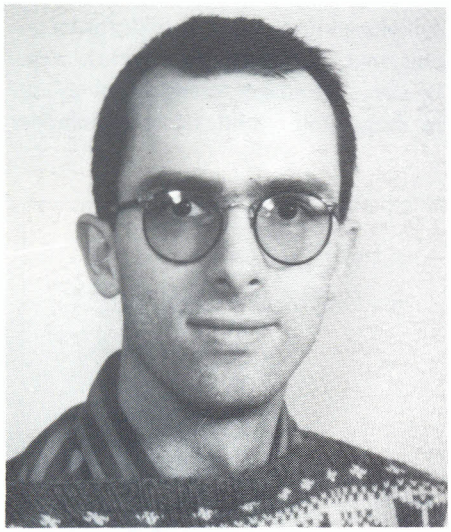
Røttings tar i sin avhandling opp langsiktig driftsplanlegging for vannkraftsystemer. Han har spesielt arbeidet med modellering av produksjons- og overføringssystemer. Et nyutviklet konsept på området gjør det mulig å gi detaljerte fysiske beskrivelser av slike systemer uten at regnemaskintiden blir uakseptabel. Konseptet er meget lovende med et betydelig utviklingspotensial.

I lys av landets nye energilov er avhandlingsarbeidet et godt grunnlag for å gi beslutningsgrunnlag i markedsbaserte kraftomsettingssystemer.

Røttings doktoravhandling er resultatet av et samarbeid mellom Energiforsyningens Forskningsinstitutt (EFI), og Fysisk Institutt, AVH. Tom A. Røtting ble utdannet som cand. scient. i fysikk ved Fysisk institutt, AVH, og har siden vært ansatt som forsker ved EFI.

**Husk Kontingenten!**

## Jon Andreas Støvneng



Jon Andreas Støvneng forsvarte 14. februar 1991 avhandlingen *Dynamics of tunneling* for dr.ing. graden.

Arbeidet er utført ved Gruppe for teoretisk fysikk, Institutt for fysikk, NTH (hovedfaglærer E.H. Hauge) og Ohio State University.

Dagens teknologi gjør det mulig å lage "skreddersydde" halvledermaterialer der mikrostrukturen er under kontroll på atomær skala. Slike små halvlederstrukturer ser sin anvendelse i elektroniske og optiske komponenter. Støvneng har utført teoretiske studier av ladningstransporten gjennom slike materialer. Det er lagt spesiell vekt på å øke forståelsen av hva som setter grenser for elektronenes hastighet i små halvlederstrukturer.

Han har også vært med på å utvikle en teori for termoelektriske effekter som observeres på atomær skala i scanning tunneling mikroskopi. Teorien er i kvalitativ overensstemmelse med eksperimenter utført ved IBM.

∞

**Skriv**
**i**
**FFV**

# Solaktivitet og dens virkning på jordas omgivelse

*Ruth Esser**

**Ultrafiolett stråling og høyenergetiske partikler som sendes ut fra sola varierer i løpet av en syklus på ca. 11 år. Amplituden på syklusen har variert betraktelig gjennom tidene, og det hevdes at det finnes en sammenheng mellom variasjonene i solaktiviteten og klima.**

Vi er for tiden inne i et nytt aktivitetsmaksimum som er et av de høyeste i moderne tid (se for eksempel Withbroe, 1989).[1] Det er en nøye sammenheng mellom solaktivitet og forstyrrelser i jordas atmosfære og magnetfelt. Effekten av slike forstyrrelser på kommunikasjon og romsystemer er godt dokumentert. På grunn av oppvarmingen vil tettheten i den øvre atmosfæren øke og "draget" på satellitter bli større. Dette har allerede fått satellitten Solar Maximum Mission til å styrte ned flere år tidligere enn opprinnelig beregnet, og vil kunne få alvorlige konsekvenser for andre satellitter i lave baner.

Den totale energien som stråles ut fra sola varierer mindre enn en prosent. Denne nesten konstante utstrålingen sørger for det stabile klimaet som er nødvendig for livet på jorda. Mesteparten av solenergien stråles ut ved bølgelengder fra $10^{-8}$ til $10^{-3}$ m, og ca. halvparten av strålingen ligger i den synlige delen av bølgespektret. Fig. 1 viser at solspektret i dette området ligner på spektret til et svart legeme. Ved kortere ($< 10^{-8}$ m) og lengre ($> 10^{-3}$ m) bølgelengder avviker imidlertid solspektret sterkt fra et svart legemes spektrum. Ved disse bølgelengder varierer spektret kraftig og kan forandres med flere størrelsesordener i løpet av en syklus på ca. 11 år.

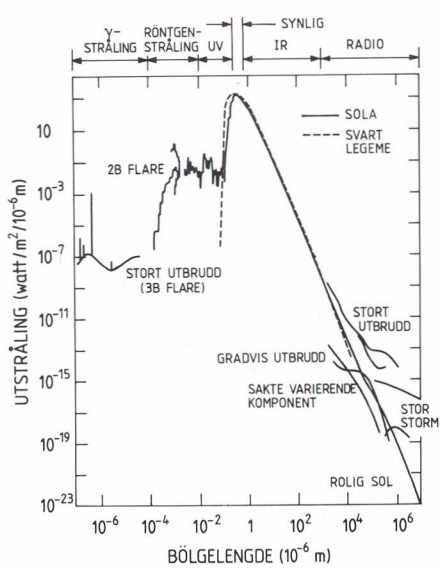



**Fig.1.** Solspektret (heltrukket linje) sammenliknet med et svart legemes spektrum (stiplet linje) ved 6000 K (fra Nicolson, 1982).[2]

Beretninger om at sola forandrer seg er meget gamle. Allerede i det 4. århundre før vår tidsregning nevner kineserne mørke flekker som viste seg over soldisken. Også grekerne beretter om slike flekker helt tilbake til det 3. århundre. Flekkene ble imidlertid som regel ikke ansett for å være fenomener på soloverflaten. Kineserne skriver f.eks. om "flygende fugler", mens man i middelalderen i Europa trodde at solflekkene skyldtes passasjen av Merkur og Venus. Den første som ble overbevist om at sola selv var årsaken til flekkdannelsen, var Galileo som observerte sola (1610) med teleskopet som han selv hadde oppfunnet. Galileo la også merke til at flekkene beveget seg over soldisken fra øst til

*Nordlysobservatoriet, IMR

vest. Dette tolket han riktig som solrotasjon. I 1843 offentliggjorde apotekeren og amatørastronomen H. Schwabe sine solflekkobservasjoner som han hadde gjennomført daglig i nesten 30 år. Han påpekte at solflekkene varierte i antall og størrelse med en syklus på ca. 10 år. R. Wolf fortsatte forskningen til Schwabe, og han greide å finne mange manuskript som ikke var offentliggjort før. Noen beskrev solflekkobservasjoner helt tilbake til teleskopets oppfinnelse. På denne måten kunne Wolf dokumentere solflekkvariasjonene helt tilbake til 1610, med nesten uavbrutte opptegnelser fra 1745. For å telle solflekkene på en mer "objektiv" måte, innførte han et tall (Wolfs solflekktall) som er gitt ved $R = K(10g + f)$. $K$ er et tall som avhenger av fluktuasjonene i jordas atmosfære (som influerer på synligheten av små solflekker) og av instrumentet brukt til observasjonene. Parametrene $g$ og $f$ er henholdsvis antall solflekkgrupper og antall individuelle flekker. Som en ser er heller ikke dette tallet noe nøyaktig mål men heller et uttrykk for hvor "flekkete" sola er ved et visst tidspunkt. Fig. 2 viser antall solflekker fra 1790 til i dag (målingen midles vanligvis over 12 eller 13 måneder). Figuren viser at solsyklusen er uregelmessig og varierer mellom 10 og 12.1 år. Det tar i middel 4.5 år fra minimum til maksimum og 6.6 år fra maksimum til minimum, slik at den økende fasen er brattere enn den avtagende. Levetiden til de individuelle flekkene varierer mellom noen dager opp til flere måneder. De største flekkene opptrer ved maksimum og kan sees med det blotte øyet. En rask økning av antall solflekker har oftest medført høye maksima.

I dag brukes det også andre metoder for å bestemme solas aktivitet. Radiofluksen ved 10.7 cm bølgelengde har vært målt siden 1947. Fig. 3 viser at variasjonen av denne følger solflekktallet ganske nøye.

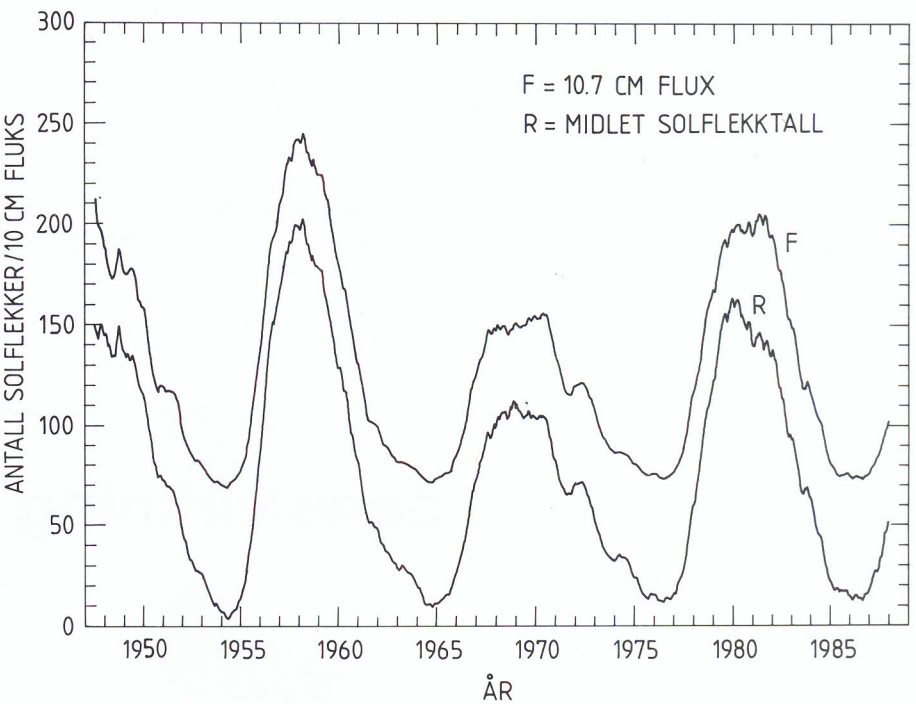



**Fig.3.** Midlet 10.7 cm radiofluks $F$ i $10^{22}$ Watt/m$^2$ hz og solflekktall $R$.

## Solas magnetiske syklus

Solflekksyklusen er et uttrykk for en annen, mer grunnleggende syklus, nemlig den periodiske forandringen av solas magnetfelt. Solflekkene er områder med sterke magnetiske felt. Magnetfeltet hindrer den konvektive energitransporten fra solas indre til høyere lag. Dette fører til at disse områdene har en lavere temperatur ved soloverflaten enn omgivelsen, og er derfor mørkere. Fordelingen av flekkene forandrer seg systematisk i løpet av en syklus. I begynnelsen av en syklus opptrer flekkene rundt $\pm 30°$, innenfor to soner som er parallelle med ekvator og ca. 15° brede. Etterhvert som aktiviteten øker, opptrer nye flekker ved lavere og lavere bredder, og ved slutten av syklusen dannes flekkene nær ekvator (se f.eks. Jensen og Engvold, 1977)[3]. Hvis den ledende delen av flekken eller flekkgruppen, dvs. den delen som kommer først i rotasjonsretningen, er positiv på den nordlige halvkulen så er den ledende flekken negativ på den sørlige halvkulen. Den etterfølgende delen har omvendt polaritet, dvs. negativ på den nordlige og positiv på den sørlige halvkulen. Det finnes hittil ingen modell som forklarer solsyklusen i detalj. En enkel kvalitativ forklaring av de observerte egenskapene som er nevnt ovenfor ble gitt i 1961 av H.W. Babcock[4]. I Babcocks modell

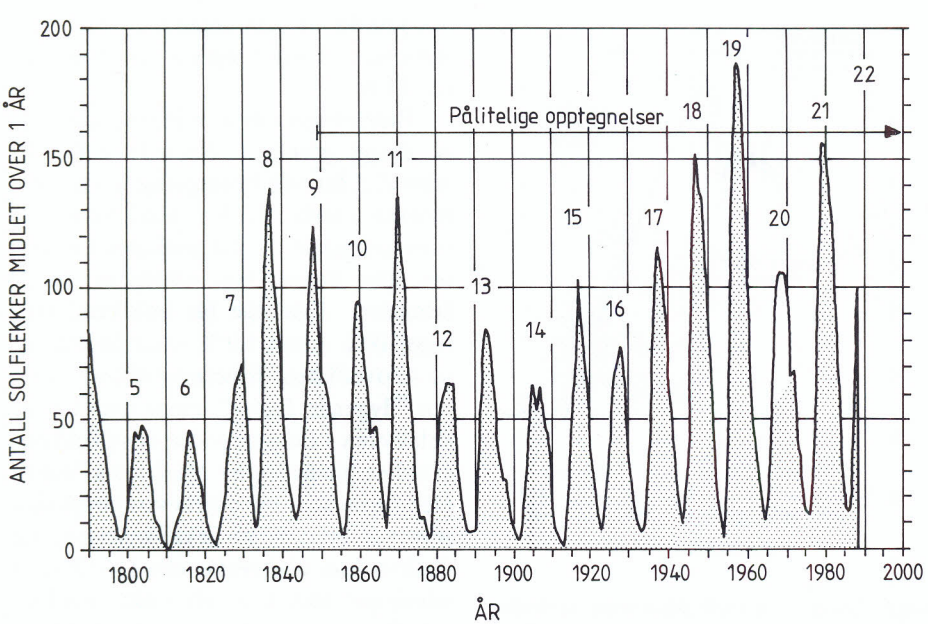



**Fig.2.** Solflekksyklus fra 1790 til i dag.

forårsakes solsyklusen av en vekselvirkning mellom solas magnetfelt og rotasjon. Sola roterer med forskjellige hastigheter på forskjellige bredder (differensiell rotasjon). Rotasjonsperioden sett fra jorda er omkring 25 dager ved ekvator mens den er ca. 29 dager ved 60°. I begynnelsen av syklusen er magnetfeltet som vist i Fig. 4a. Feltlinjene strekker seg ut fra et område ved nordpolen, krysser ekvatorplanet i en avstand av flere solradier, og går inn i sola igjen ved sørpolen. De interne kraftlinjene antas å ligge i et relativt tynt sjikt av størrelsesorden 0.1 solradier, og strekker seg fra sør til nord. Den elektriske ledningsevnen i sola er så høy at magnetfeltet kan antas å være "innefrosset" i materien. Den differensielle rotasjonen vil da strekke feltlinjene ut (Fig. 4b) ettersom det hurtigere roterende ekvatorområdet vil "løpe fra" polene. Rotasjonsenergi omdannes ved dette til magnetisk energi og magnetfeltet får en komponent i østvest retning (toroidalt felt). Magnetfeltlinjene vris mer og mer (Fig. 4c) og blir tettere og tettere. Når magnetfelttrykket i et område blir tilstrekkelig høyt (se rammen "Magnetisk oppdrift"), vil et slikt "magnetisk rør" flyte opp og danne et magnetisk bipolært område ved solas overflate (Fig. 4d). Fig. 4e viser at den ledende flekken er positiv og den etterfølgende negativ på den nordlige halvkulen (omvendt på den sørlige) i dette tilfelle. Det kan også vises at breddefordelingen på rotasjonene fører til størst feltstyrke på midlere bredder (30°) først, og at flekkene vil dannes ved lavere og lavere bredder etterhvert. Partikkelbevegelsen i gassen ved soloverflaten vil bryte opp magnetfeltene på overflaten, og de etterfølgende delene av flekkene vil drive mot polene, nøytralisere feltene der, og til slutt erstatter dem med felt av motsatt polaritet. Observasjonene viser at nøytraliseringen faller omtrent sammen med solflekkmaksimum, og det "nye" feltet (fig. 4f) med samme form som vist i fig. 4a men med motsatt polaritet ved nord og sørpolen, er bygd opp kort tid etter. De ledende flekkene driver mot ekvator. Solsyklusen begynner nå på nytt men med omvendt polaritet slik at den totale perioden til magnetfeltsyklusen er ca. 22 år.

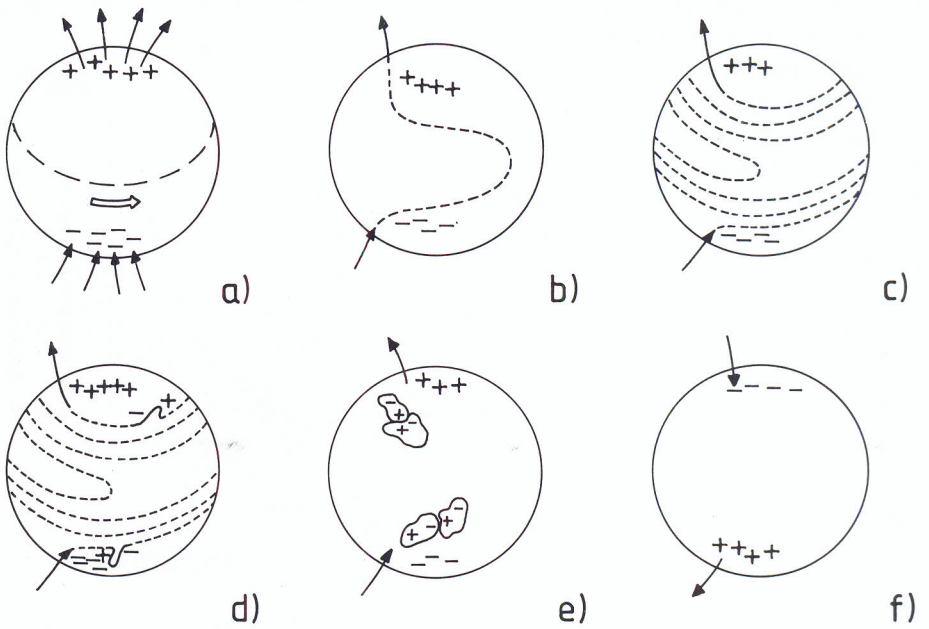



**Fig.4.** Babcocks modell for solflekksyklusen.

### Magnetisk oppdrift

$$p_e = p_i + \frac{H^2}{8\pi}$$

$p_i$ er gasstrykket i fluksrøret med magnetfeltstyrke $H$, $H^2/8\pi$ er det magnetiske trykket. $p_e$ er gasstrykket utenfor røret. Vi antar at feltet utenfor røret kan neglisjeres. Det totale trykket inne i røret må være det samme som utenfor. Siden magnetfelttrykket alltid er positivt har vi: $p_i < p_e$. Er temperaturen $T$ den samme i røret som utenfor så er tettheten $n$ i røret mindre enn i omgivelsene siden $p = nkT$ ($k$ er Boltzmannkonstanten), og røret flyter opp.

## Andre fenomener forårsaket av magnetfeltet

Solflekker har ingen direkte kjent effekt på jorda eller dens omgivelse men kan brukes som en indikator på nesten all annen aktivitet på sola. Ved siden av flekkene gir nemlig magnetfeltet som flyter opp til overflaten også opphav til en rekke andre fenomener. Av disse kan nevnes magnetiske buer som forbinder områder med motsatt polaritet og som strekker seg ut fra sola i et område som kalles korona. Fig. 5 viser buene (til venstre og øverst til høyre) sammenliknet med et magnetogram (nederst til høyre). På magnetogrammet har svarte og hvite områder forskjellig polaritet. Det øverste bildet viser at buene kan strekke seg over ganske store avstander. Temperaturen i buene kan nå opp til 1.5 til $3 \cdot 10^6$

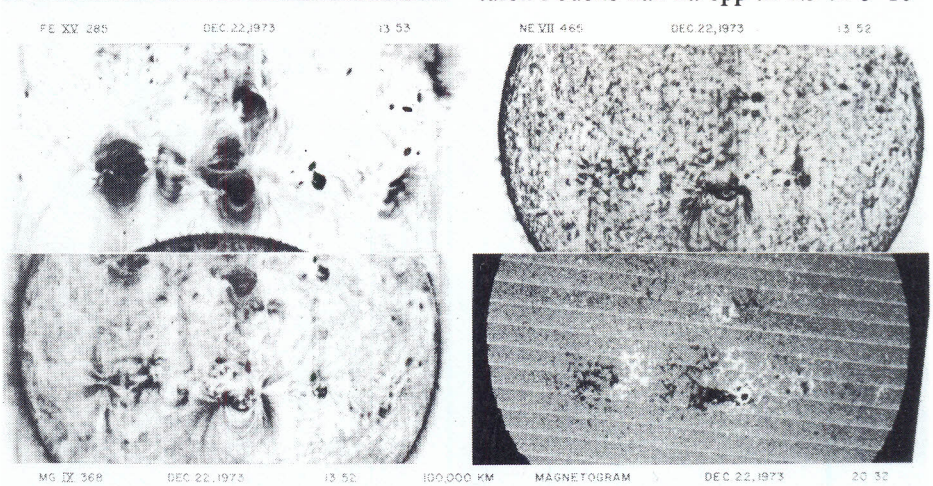



**Fig.5.** Koronabuer fotografert i 3 forskjellige EUV linjer fra Skylab sammenlignet med et magnetogram (fra Kitt Peak National Observatory) (Withbroe, 1989).[1] Områder med forskjellig polaritet (svart og hvitt på magnetogrammet nederst til høyre) er forbundet med buer over lange avstander.

**Husk Fysikermøtet!**

K. Det antas at oppvarmingen av gassen er forårsaket av energien som er lagret i de vridde feltlinjene. Koronaen sender ut EUV og røntgenstråling; jo større områder som er dekket av sterke magnetfelt, jo mer stråling emitteres. EUV og røntgenstråling som mottas ved jorden varierer derfor med solrotasjonen og solsyklusen.

I noen områder kan magnetfeltlinjene være så svake at gasstrykket av den varme gassen i koronaen blir for stort og åpner magnetfeltlinjene. Disse områdene kalles koronahull og er kilden til solvind med høy hastighet (Esser, 1989).[5]

Sprengning av magnetfeltlinjen kan også føre til utbrudd av en stor gassky som vist i Fig. 6 (coronal mass ejection). Dette skjer hyppigst rundt solflekkmaksimum.

Noen ganger hender det at energien som lagres i magnetfeltet frigjøres plutselig. I slike tilfeller akselereres elektroner, protoner og ioner til høye hastigheter og temperaturen i gassen stiger til flere ganger $10^7$ K. Dette kalles en fakkel (flare). (Se f.eks. Noyes, 1982).[6] Gassen sender ut intense utbrudd av EUV og røntgenstråling. Samtidig kan høyenergetiske partikler unnslippe fra sola. Fig. 7a viser hvordan antall fakler varierer med solsyklusen.

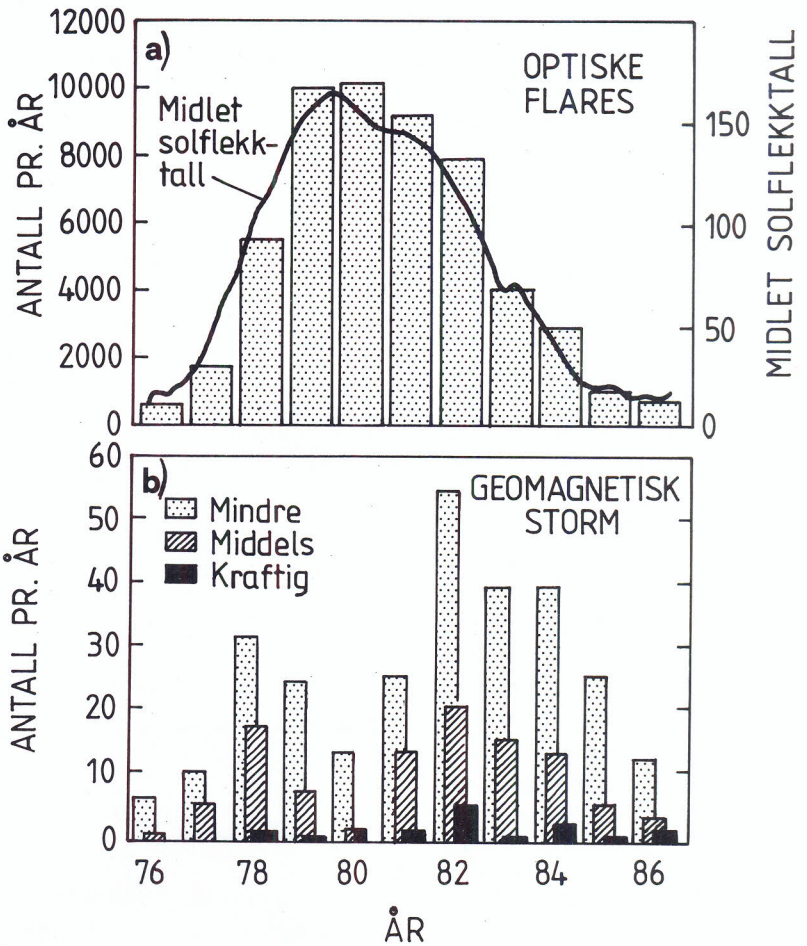



**Fig.7..** a) Antall optiske fakler (flares) sammenliknet med solflekktallet, b) antall geomagnetiske stormer i syklus 21.

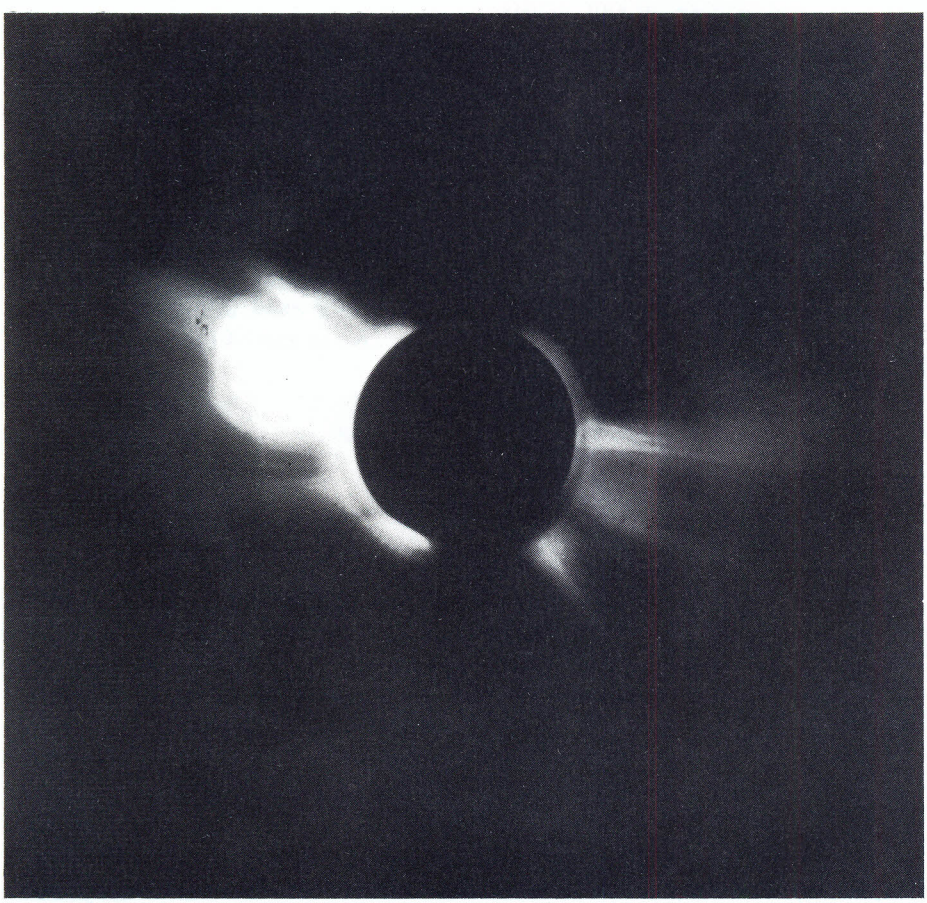


**Fig.6.** Stor gassboble (coronal mass ejection) fotografert i hvitt lys fra Skylab (Withbroe, 1989).[1]

Både gasskyene, flarepartiklene og høyhastighets solvind fra koronahull som strekker seg ned til solas ekvator kan forårsake geomagnetiske stormer (Fig. 7b) og nordlys (for en nærmere beskrivelse av nordlyset se f.eks. Brekke og Egeland, 1979).[7] Store koronahull som strekker seg ned til ekvatoren og som varer flere solrotasjoner, dannes hovedsakelig i den avtagende delen av solsyklusen, og geomagnetiske stormer som gjentar seg med en periode på vel 27 dager, opptrer derfor hyppigst i denne fasen av syklusen.

## Solaktivitet og klima

Det er blitt hevdet at det finnes en sammenheng mellom langtidsvariasjoner i solaktivitet og klimavariasjoner. Man har prøvd å rekonstruere solaktiviteten lengre tilbake i tiden ved bl.a. å bruke beretninger om nordlys, solflekker observert med det blotte øye (se innledningen), og lagring av $^{14}C$ i treringer. $^{14}C$ produseres ved at høyenergetisk kosmisk stråling (partikkelstråling fra det interplanetariske rom) vekselvirker med atmosfæren. Fluksen av kosmiske partik-

ler modifiseres av solaktiviteten, når solaktiviteten er høy, er fluksen av kosmiske partikler lavere og produksjonen av $^{14}C$ er redusert. I fotosyntesen prosessen lagres $^{14}C$ som $CO_2$ i planter, og ved å analysere treringer er det mulig å finne forholdet $^{14}C$ til $^{12}C$ i den lavere atmosfæren ved tiden der treringene ble dannet. På denne måten kan en rekonstruere $^{14}C$ innholdet helt tilbake til 5000 år før vår tidsregning.

Varierende sirkulasjonsmønstre i atmosfæren, diffusjon og absorpsjon i havet forsinker og svekker forandringene av $^{14}C$ i biosfæren. Korttidsvariasjoner som 11- års syklusen er derfor visket ut, og langtidsvariasjoner vises ca. 40 år senere i treringene. Figur 8 (Eddy, 1977)[8] skisserer øverst langtidsforandringene av $^{14}C$ fra 3000 f.Kr. korrigert for en forsinkelse på ca. 40 år. Økning av $^{14}C$ (nedover i figuren) medfører avtagende solaktivitet. Tallene angir viktige minima og maksima. Kurven i midten viser solaktiviteten rekonstruert fra $^{14}C$ variasjonene. Utbredelsen av isbreer i Alpene er også tegnet i samme figur. Kurvene til høyre viser den midlere årstemperaturen i England (prikket linje) og en indeks som beskriver vintrenes "strenghet" (stiplet linje, kaldere nedover) i området Paris London. Aktivitetsminimum på 16-hundretallet (2) er kjent som Maunderminimum (1645 - 1715). Det finnes ingen dokumenterte solflekker eller nordlys fra denne tiden, og det synes som om det nesten ikke var solaktivitet i denne perioden. Samtidig herjet det en kuldeperiode, også kalt "den lille istiden", som førte til hungersnød over store deler av Europa. Det finnes andre perioder som ligner på "den lille istiden" som også synes å falle sammen med lav solaktivitet. På den andre siden finnes det indikasjoner på at klimaet har vært varmere under lengre perioder med høy solaktivitet. Det har dessuten vært diskutert i mange år om det finnes en sammenheng mellom kortvarige aktivitetsforandringer på sola og været. Statistiske studier viser for eksempel en forholdsvis bra korrelasjon mellom solas 22 årige syklus og tørkeperioder på slettene øst for Rocky Mountains (Thompson, 1973).[9]

Nyere forskning viser også en klarere sammenheng mellom aktivitetsforandringer på noen dager og forandringer i den lavere atmosfæren (Tinsley og flere, 1989).[10]

Selv om mye tyder på at variasjoner

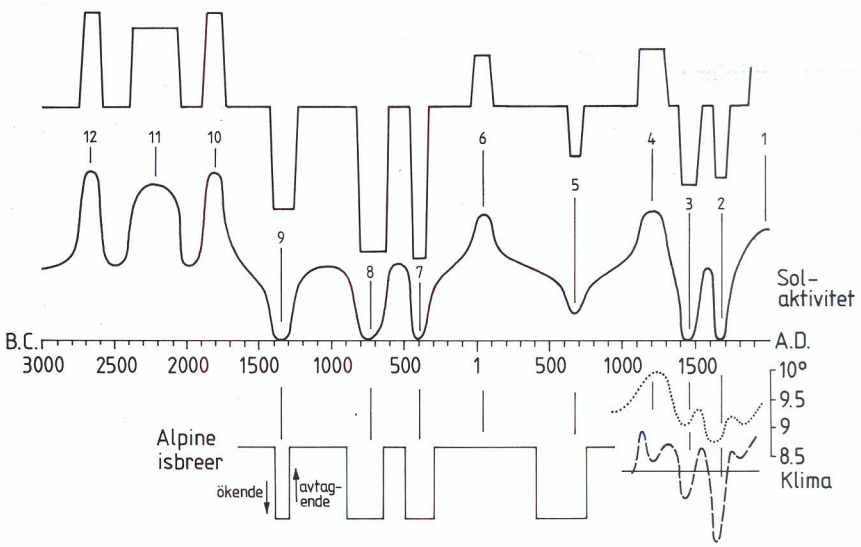



**Fig.8.** Solaktivitet rekonstruert fra radiokarbonmålinger i treringer sammenliknet med utbredelsen av alpine isbreer, midlere årlig temperatur i England (prikket linje) og en indeks (stiplet linje) som beskriver vinterens "strenghet" (kaldere nedover) i Paris-London området (fra Eddy, 1978).[8]

i solas aktivitet har innflytelse på meteorologiske fenomener på jorda, er ikke slike korrelasjoner som nevnt ovenfor helt entydig så lenge de fysiske prosessene som er inkludert ikke er kjent. To fenomener som viser en god korrelasjon, trenger ikke nødvendigvis være knyttet sammen.

## Solaktivitet og satelitter i lave baner

En ekstrem økning i solaktivitet har store effekter på jordas atmosfære, ionosfære og magnetosfære, og påvirker tekniske installasjoner. I forbindelse med aktivitetsmaksimum kan en f.eks. forvente problemer i satellittkommunikasjonen i VHF/UHF området, sporadiske avbrudd av flykommunikasjonen særlig i polområdene, økt oppladning av satellittoverflaten og en del interne komponenter. Her skal vi imidlertid bare konsentrere oss om virkningen på satellittbaner.

I perioder der solaktiviteten er høyere enn normalt, vil den økte UV-strålingen føre til en økning av temperatur og tetthet i troposfæren, dvs. at jordas atmosfære vil utvide seg. Friksjonskraften fra atmosfæren fører til at satellittene som befinner seg i lave baner beveger seg sakte nedover. Denne friksjonen øker når jordatmosfæren ekspanderer, og dette fører til at satellittenes levetid avtar. Under det siste unormalt høye maksimum (syklus 21 i Fig. 2) førte det økte draget fra jordatmosfæren til en ødeleggelse av Skylabsatellitten (1979) tidligere enn beregnet. Den raske økningen av aktiviteten i den nåværende syklusen har allerede ført til en tidlig nedstigning av satellitten Long Duration Exposure Facility (LDEF) som ble satt i bane av romferga i 1984. Tidlig i 1989 hadde satellittens høyde bare avtatt med ca. 30 km fra 475 til 445 km, mens den i mai 1989 hadde sunket til 420, og i desember var den nede i ca. 300 km's høyde. Satellitten kunne bare reddes ved å hente den ned igjen med romferga. Verre var det for Solar Maximum Mission (SMM) som ble sendt opp i 1980 og reparert fra romferge i 1984. Satellittens høyde avtok svært raskt, og i slutten av 1989 styrtet den i Det Indiske Hav. For Hubble Space Telescope (HST) hadde situasjonen vært meget alvorlig dersom den hadde blitt skutt opp som opprinnelig planlagt. Heldigvis ble oppskytningen forsinket, og det ble dessuten bestemt å sette HST i en høyere bane enn opprinnelig planlagt.

Å heve satellittens høyde kan forlenge dens levetid betraktelig. Dette er demonstrert i fig. 9. Kurvene som er beregnet for en tidligere oppskytningsdato, viser HST satellittens høyde som funksjon av tid for forskjellige starthøyder og aktivitetsnivå, og er beregnet for en solsyklus med samme form som 19 i Fig. 2. 10.7 cm radiofluksen er antatt å ligge mellom 220 og 290 · $10^{22}$ Watt/m$^2$ hz (Fig. 3). For en fluks på 235 · $10^{22}$ Watt/m$^2$ hz viser figuren økningen av banehøyden (levetiden) som funksjon av tid når starthøyden heves fra 593 (stiplet linje) til 611 km (heltrukket linje) (320 til 330 nautiske mil). Vi ser

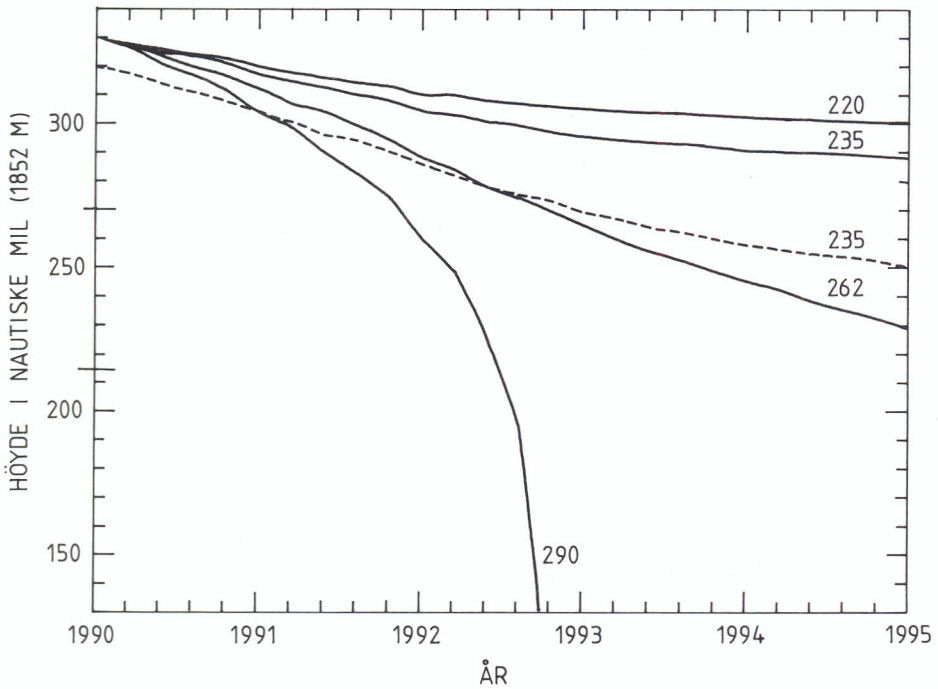



**Fig.9.** Beregnet banehøyde for HST-satellitten som funksjon av tid for forskjellige aktivitetsnivå og starthøyder (Buckelew, 1989).[11]. Tall på kurven angir aktivitetsnivå i W/m²Hz.

her at en økning av starthøyden på bare 18 km forlenger levetiden til satellitten betraktelig. Et aktivitetsnivå på 290 $10^{22}$ Watt/m² hz betraktes som det verst tenkelige tilfelle (med liten sannsynlighet). Som vi ser vil satellitten under slike forhold ikke bli eldre enn noen år.

## Konklusjon

Solas produksjon av ultrafiolett stråling og høyenergetiske partikler avhenger sterkt av den magnetiske syklusen. Variasjoner av denne produksjonen forårsaker forandringer i jordas omgivelse som kan ha en vesentlig effekt på tekniske installasjoner og på klimaet.

Det vil derfor være ønskelig å kunne forutsi forandringer i solas magnetiske syklus, men mulighetene for dette er fremdeles små. Også kunnskapen om hvordan slike forandringer virker på jordas omgivelse er mangelfull siden de fysiske prosessene som er involvert, oftest ikke er kjent. Forbedrede observasjoner både fra bakken og satellitter sammen med teoretisk forskning er nødvendig for å øke innsikten i solas foranderlighet og dens effekter på jorda.

## Referanser


1. G.L. Whitbroe Journal of Spacecraft and Rockets **26** (1989) 394
2. J. Nicolson *The Sun* Rand McNally, New York (1982)
3. E. Jensen og Ø. Engvold Solen Universitetsforlaget (1977)
4. H.W. Babcock Astrophysical Journal **133** (1961) 572
5. R. Esser Fra Fysikkens Verden **4** (1989) 84
6. R.W. Noyes *The Sun, Our Star* Harvard University Press, Cambridge MA (1982)
7. A. Brekke og A. Egeland Nordlyset. Fra Mytologi til romforskning Oslo, Grøndahl (1979)
8. J.A. Eddy *Historical and Arboreal Evidence for a Changing Sun* The New Solar Physics, AAAS Selected Symposium 17, Westview Press, Boulder, CO, (1978)
9. L.M. Thompson J. Soil Water Conservation **28** (1973) 87
10. B.A. Tinsley, G.M. Brown og P.H. Scherrer Journal of Geophys. Res. **94** (1989) 14783
11. V. Buckelew Beregningene presentert ved NASA Working Group on SolarTerrestrial Predictions, Boulder, CO (1989) 1112


∞


SINTEF

SINTEF – Stiftelsen for industriell og teknisk forskning ved Norges tekniske høgskole.
SINTEF utfører oppdragsforskning for industri, annet næringsliv og offentlig forvaltning i nært samarbeid med NTH. SINTEF er landets største forskningsmiljø. Vi har ca. 2000 entusiastiske medarbeidere fordelt på over 30 fagenheter. Vi er en ubyråkratisk organisasjon der det meste er mulig. SINTEF, IKU, MARINTEK, EFI og MOLAB utgjør SINTEF-gruppen.

**SINTEF Anvendt fysikk søker:**

**Fysiker – superledning**

Vi søker en forsker til vår superleder-gruppe. Stillingen er også knyttet nært opp til pågående forskning ved Institutt for fysikk ved Norges tekniske høgskole.

**Fagmiljøet:**
Superleder-gruppen består av 1 professor, 2 dr.ing., 6 dr.ing.-studenter, samt studenter fra NTH. Vi har et omfattende samarbeid med andre norske grupper innen kjemi og elektronikk (tynne filmer), og med flere ledende internasjonale grupper i både Europa, Japan og i USA.

**Kvalifikasjoner:**
Vi søker en dr.ing. eller tilsvarende med 2–4 års erfaring fra forskning innen superledere, særlig innen høy $T_c$. Andre relevante områder er magnetiske materialer, elastiske målinger, SQUID-fysikk og -teknologi. Omfattende erfaring fra laboratoriearbeid er påkrevet. Tidligere erfaring innen kontraktsforskning for industri og/eller forskningsinstitutter/stiftelser er ønskelig, i og med at en betydelig del av forskningen i superleder-gruppen gjøres i samarbeid med industrien.

**Vi tilbyr:**
- Lønn etter kvalifikasjoner
- Kollektiv forsikringsordning
- Bistand ved boligfinansiering
- Pensjonsordning
- Fleksibel arbeidstid
- Bedriftshelsetjeneste.

Nærmere opplysninger kan fås ved henvendelse professor Kristian Fossheim, tlf. 07-59 36 38 eller 07-59 70 41. Fax: 07-59 36 95.

Søknad sendes innen 1. april 1991 til
**SINTEF Anvendt fysikk**
**7034 TRONDHEIM.**

# Fysikkprosjekt i 2FY ved Dalen vidaregåande skule

*Karl Torstein Hetland**

**I alle år eg har undervist i fysikk i den vidaregåande skulen, har eg prøvd å finne metodar som kan auke interessa for faget. Av erfaringar eg gjorde i studietida, der eg var med på eit prosjekt om solenergi (lågare grad), ville eg prøve å lage liknande prosjekt i den vidaregåande skulen.**

**I linjefaget fysikk vil ein alltid måtte arbeide systematisk med innlæring av omgrep og forståing. Men fysikk er også i høgaste grad eit eksperimentelt fag. Elevøvingar har ein tendens til å bli kokebokoppskrifter og kan på den måten av og til verke meiningslause. Ein kan stille seg spørsmålet om ein sjølv hugsar nokon av elevøvingane frå si eiga gymnastid.**

**Elevane får etter mi meining liten erfaring i å nytte fysikken på reelle problem. Mitt mål har vore å finne prosjekt som har ein viss aktualitet og som elevane kan "tenne" på. Eg trur at gjennom å arbeide med eit tema over lang tid, som ein har interesse av, vil eleven utvikle ei meir sjølvstendig haldning til faget. Det spesielle med mine prosjekt er kanskje at dei varer eit heilt skuleår. Men det er sjølvsagt ikkje einaste måten å gjera det på. Kor lang tid ein vil bruke avtalast med elevane og er avhengig av kva for prosjekt ein arbeider med.**

**Eg vil i dei neste avsnitta koma inn på korleis eg har organisert undervisninga og til slutt ein kort omtale av prosjekta vi har arbeidd med.**

## Organisering av undervisninga

Dei aller fleste prosjekta eg har gjennomført, har vore i faget 2FY. Eit større teoretisk prosjekt vart gjennomført i naturfag og i eit høve vart det danna ei valfagsgruppe. Som det går fram av figur 1, legg eg opp til å gjennomføre eit mindre prosjekt i naturfag slik at elevane vert vane med arbeidsmåten. Då er det også lettare å motivere dei for slikt arbeid i 2FY. Utgangspunktet er heile tida at ein vel prosjekt i samarbeid med elevane.

Det startar som regel med at eg reknar opp ein del temaområde som eg sjølv er interessert i, og i tillegg kan elevane sjølve koma med idear om prosjekt. Når ein har fått alle ideane fram (etter 1 veke eller 2), melder elevane seg på dei einskilde prosjekta. Eg ser det som særs viktig at elevane kan velje tema hovudsakleg ut frå interesse. Kva som eigentleg styrer valet kan vera mange faktorar, mellom anna kven ein ynskjer å arbeide saman med. Det viser seg nesten alltid at ein får ei rimeleg fordeling på dei ulike prosjekta. Gruppestorleiken bør nok ikkje vera større enn ein 4- 5.

Ein prøver alltid å finne tema som er slik at ein må arbeide ei stund med litteratur, for å setje seg inn i emnet. For nokre grupper kan heile hausten gå med til litteraturstudium. Alle gruppene leverer ein delrapport til jul. At ein krev ein slik rapport, er viktig for å halde progresjon og framdrift i prosjektet. Eg hjelper dei som regel med ein disposisjon heilt i starten slik at dei lettare kan dele

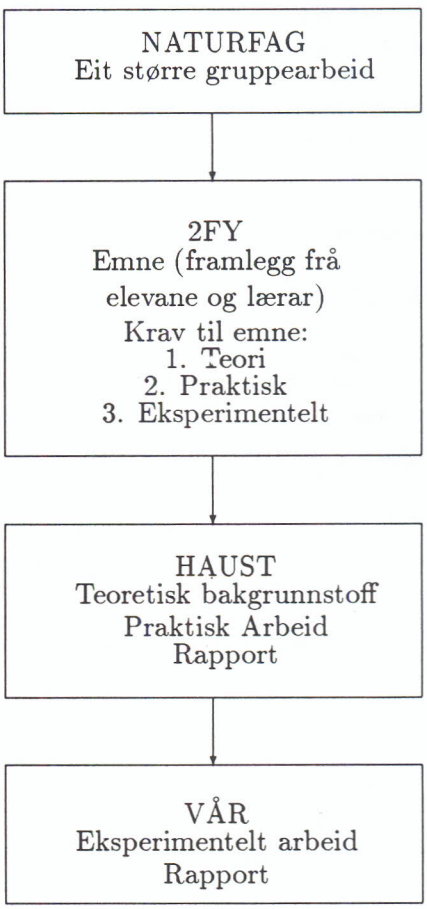



**Fig.1.** Tidsplan for fysikkprosjekta

arbeidet mellom seg. Nokre grupper har prosjekt der ein tidleg kan koma i gang med eventuell modellbygging eller praktiske forsøk.

Arbeidet held fram utover våren, og elevane må levere ein rapport som avslutning. Vi har alltid samla alle rapportane i ei bok, som kvar elev får utdelt før dei sluttar om våren. Elevane er svært stolte når dei kan vise fram produktet sitt på ein skikkeleg måte.

Dalen vidaregåande skule er ein kombinert vidaregåande skule. Eg har prøvd å utnytte det i samband med prosjektarbeida i fysikk. I det praktiske arbeidet, med bygging av modellar, har vi hatt

*Dalen videregåande skule

samarbeid med lærarar og elevar på dei yrkesfaglege linjene. I enkelte prosjekt kan mykje av det praktiske arbeidet bli gjort av dei yrkesfaglege elevane, i andre prosjekt vert alt gjort av allmennelevane.

## Prosjekt som er gjennomførte

### 1. Solenergi

I alle prosjekta om solenergi har ein først lest ein del generell litteratur om emnet. Elevane må her lese både norsk og engelsk litteratur.

Emnet solenergi høver veldig godt saman med fysikkemna i 2FY. Strålingsfysikk og varmelære er sentrale tema i all undervisning i solenergi. Samstundes ligg det til rette for bygging av ulike modellar for utprøving av teorien. Vi kan her knyte saman teori, modell og eksperimentelle målingar i same prosjektet.

A) Parabolsk solspeil

I dette prosjektet bygde elevane eit parabolsk solspeil i glasfiber. Dei bygde fyrst ei parabolsk form i betong, og sidan støypte dei eit speil med diameter 1 m (figur 2). Arbeidet bydde på mange

**Fig.2.** Skisse av parabolsk speil som elevane bygde.

utfordringar, og elevane hadde kontakt med ein båtfabrikant i distriktet i samband med støypinga. Dei fekk også alt utstyret av fabrikanten.

I samband med dette prosjektet "oppdaga" vi korleis ein kan teikne ein kontinuerleg parabel ved hjelp av linjal, snor og blyant (Scientific American, august 1981). Ein er vel kjent med korleis ein teiknar ein ellipse, men korleis ein teikna ein parabel var ukjent for meg!

Parabelen er definert ved at alle punkt ligg like langt frå fokus som frå styrelinja (figur 3). Når ein har bestemt seg

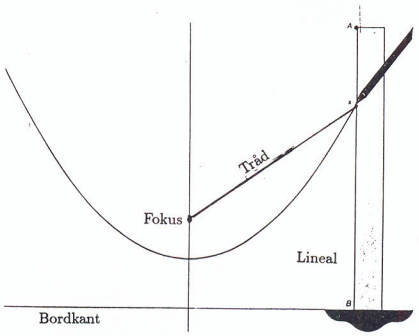



**Fig.3.** Metode for å teikne ein parabel.

for lengda på fokus, kan ein t.d. teikne grafen på tavla ved å halde eine enden av snora i fokus og feste andre enden på toppen av meterstaven. Du har nå ei løkke som er like lang som fokalavstanden og ein set krittet i løkkeenden. Ein drar så linjalen horisontalt medan ein held krittet i løkka. Krittet vil følgje linjalen, og ein får fram ein perfekt parabel!

Elevane gjorde også praktiske forsøk med det parabolske speilet. I fokus plasserte dei ein liten svartmåla behaldar som dei fylte med vatn. Ved å måle temperaturauken i vatnet som funksjon av tida kunne dei rekne ut kor stor effekt som blei tilført vatnet. Ein kom fram til at omlag 750 W var effekten til solomnen. På den tida dette prosjektet vart gjennomført, mangla vi instrument til å måle solinnstrålinga, men i dag kan ein få kjøpt slike instrument (pyranometer) for omlag kr 2000.

B) Solfangarmodell "Dalen"

Ein passiv solfangar til oppvarming av vatn kan utformast på mange måtar. Denne modellen vart utvikla med tanke på at vatnet skulle ha kontakt med heile solfangararealet. Vatnet skulle passere mellom to parallelle plater, der den eine plata var absorbatorplata (fig.4).

C) Solfangarmodell "A- tak"

Denne modellen er ei etterlikning av modellen som er utvikla ved Fysisk institutt (figur 5). Modellen vart bygd slik at ein lett kunne variere talet på dekkglas, og slik at vatnet kunne renne oppå ei A-taksplate.

Modellen vart utvikla og forbetra gjennom to prosjekt.

D) Utnytting av solenergi i settefiskanlegg

Eit settefiskanlegg har trong for oppvarming av vatnet i samband med klekking av rogn og startforing av yngelen, dvs. i tidsrommet januar til juni. Temperaturen på vatnet må vera frå 8 grader under klekkinga til 12 grader under startforing. Dette er ein temperatur som ikkje er så mykje høgare enn utetemperaturen og skulle dermed gje lite varmetap. Ei valfagsgruppe arbeidde med dette prosjektet. Ein prøvde ut kor mykje energi ein kunne få ut ved berre å la vatnet renne oppå A-taket. Dette vart gjort på ein del av taket på settefiskanlegget (figur 6). For å måle dei naudsynte temperaturane brukte vi elektroniske temperaturfølarar og ei Tiki datamaskin. Dei målte samstundes solinnstrålinga over eit halvt år ved hjelp av eit pyranometer og ein Xt-skrivar.

Dette prosjektet vart sendt inn til Unge Forskere konkurransen. Prosjektet vann 1. pris i 1989 og deltok i den internasjonale finalen i Brussel same året.

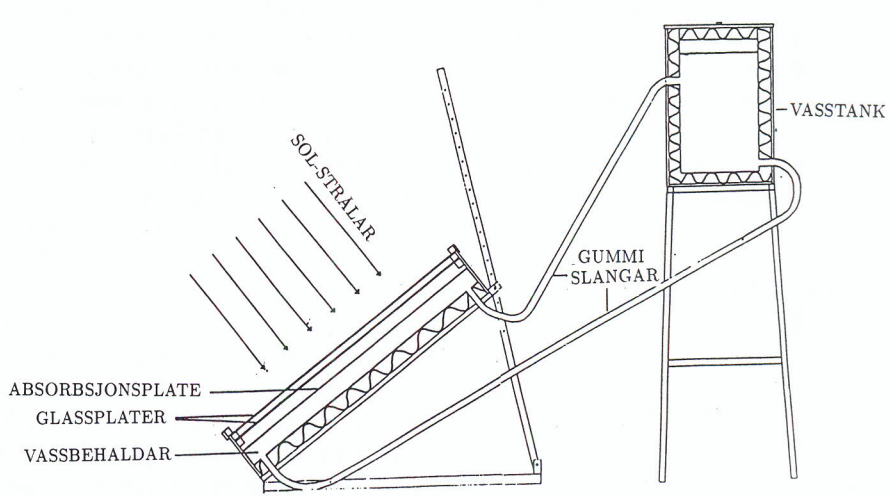



**Fig.4.** Solfangarmodell "Dalen".

# Fra Fysikkens Verden

52. årgang
1990

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 1990

ISSN-0015-9247

## Fra Fysikkens Verden

**Redaktører:**

**Førsteamanuensis Øivin Holter,**
**Førsteamanuensis Finn Ingebretsen,**
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

**Redaksjonskomité:**

**Førsteamanuensis Noralv Bjørnå,**
Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.

**Professor Anne Grete Frodesen,**
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

**Lektor Ingerid Hiis Helstrup,**
Langhaugen skole, Bergen.

**Professor Per Chr. Hemmer,**
Fysisk institutt, NTH, Universitetet i Trondheim.

**Førsteamanuensis Egil Leer,**
Astrofysisk institutt, Universitetet i Oslo.

**Ekspedisjonens adresse:**
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern,
0316 Oslo 3.
Tlf.:(02) 45 64 28
Fax.:(02) 45 64 22


## Norsk Fysisk Selskap

### STYRE

**President:**
**Professor Eivind Osnes,**
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

**Visepresident:**
**Førsteamanuensis Johan Stadsnes,**
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

**Styremedlemmer:**
**Professor Thormod Henriksen,**
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.
**Professor Haakon A. Olsen,**
Fysisk institutt, Universitetet i

Trondheim/AVH.
**Amanuensis Marianne Foss,**
Institutt for Matematiske realfag,
Universitetet i Tromsø.

**Selskapets sekretær:**
**Gerd Jarrett,**
Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.
Tlf.:(06) 80 60 75
Fax.:(06) 81 09 20

## Forfatter–register


*Bjørn Bjørneng:*
NYTT LIV TIL TRE KLASSISKE DEMONSTRASJONER ..... 12
*Brevik,Iver:*
Bokomtale: 13th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics ..... 22
*Brevik,Iver:*
Bokomtale: Vth Brazilian School of of Cosmology and Gravitation ..... 22
*Bugge,Lars:*
Bokomtale: Introduction to experimental particle physics ..... 99
*Bull,Tove:*
FFV–Gjest ..... 82
*Espe,Ivar:*
Bokomtale: IBM-PC in the laboratory ..... 98
*Falch,Øystein:*
Fysikkseminaret på Ustaoset ..... 90
*Gjønnes,Jon:*
Bokomtale: Electron Scattering ..... 74
*Gjøtterud,Kristoffer:*
Bokkronikk: Ellen Gleditsch ..... 21
*Grelland,Hans H.:*
Finnes Kvante – kaos? ..... 72
*Helstrup,Ingerid Hiis:*
FYSIKKOLYMPIADENE ..... 9
*Helstrup,Ingerid Hiis:*
Fysikkolympiaden 1990 ..... 93
*Holtebekk,Trygve:*
Kommentar til trimløsning ..... 19
*Holtebekk,Trygve:*
Bokomtale: The New Heat Transfer . 47
*Holtebekk,Trygve:*
Bokomtale: Fra strålende objekter til sorte hull ..... 47
*Holtebekk,Trygve:*
Kommentar III til trimløsning ..... 74
*Ingebretsen,Finn:*
Bokomtale: The art of Electronics ... 24
*Johannesen,Jan S.:*
In Memoriam: William Shockley .... 31
*Knutsen,Henning:*
Bokkronikk: Tidsdypet ..... 96
*Knutsen,Henning:*
Bokomtale: The Early Universe ..... 99
*Olsen,Arne:*
Bokomtale: The principles and practice of electron microscopy ..... 23
*Olsen,May–Liss:*
Bokomtale: Physics ..... 23
*Ormestad,Helmut og Øgrim,Otto:*
FFV–Panelet ..... 2
*Sandholt,Per Even:*
Momentoverføring fra Solvinden Signaturer i Dagnordlyset ..... 84
*Skipnes,Olav:*
HOLOGRAFI-
det tredimensjonale mediet ..... 33
*Skoie,Hans:*
FFV–Panelet ..... 55
*Steensnæs,Einar:*
FFV–Gjest ..... 30
*Steinsvoll,Olav:*
Rondablikkseminaret i kondenserte fasers fysikk og kjemi 1989 ..... 35
*Steinsvoll,Olav:*
Virkningen av lave stråledoser ..... 68
*Steinsvoll,Olav:*
Bokomtale: Kosmos 1989: YTFysik 74
*Sundt,George:*
Bokomtale: Physics ..... 47
*Sørensen,Sven Oluf:*
MØRK MATERIE ..... 57
*Vaagen,Jan S.:*
Bokomtale: Niels Bohr, philantropy and the rise of nuclear physics ..... 97
*Veseth,Leif:*
Nobelprisen i fysikk 1989 ..... 4
*Vågnes,Arne:*
RADIOAKTIVITET I DEN VIDEREGÅANDE SKULEN ..... 6
*Ytrehus,Tor:*
Kommentar II til trimløsning ..... 46
*Ytrehus,Tor:*
Kommentar IV til trimløsning ..... 96
*Øgrim,Otto:*
Bokomtale: Dictionary of scientific and technical terms ..... 48
*Øvergård,Tommy:*
KVARKSTJERNER - en ny type kompakte stjerner ..... 39

# Innhold


**Nr.1:**

Fra Redaktørene ..... 2
FFV-Panelet: Helmut Ormestad og Otto Øgrim ..... 2
Nytt fra skolen ..... 3
Nobelprisen i fysikk 1989
*Leif Veseth* ..... 4
RADIOAKTIVITET I DEN VIDEREGÅANDE SKULEN
*Arne Vågnes* ..... 6
FYSIKKOLYMPIADENE
*Ingerid Hiis Helstrup* ..... 9
Fysikkolympiaden 1989 ..... 11
NYTT LIV TIL TRE KLASSISKE DEMONSTRASJONER
*Bjørn Bjørneng* ..... 12
INDEKS 1989 ..... 13
Trim i FFV ..... 19
Kommentar til trimløsning
*Trygve Holtebekk* ..... 19
Hva skjer ..... 19
Bokkronikk: Torleiv Kronen og Alexis Pappas: Ellen Gleditsch
*Kristoffer Gjøtterud* ..... 21
Bokomtaler ..... 22
M.P. Ulmer (Ed): "13th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics", Chicago 14.-19. December 1986.
M. Novello (Ed): "Vth Brazilian School of Cosmology and Gravitation", Rio de Janeiro, 20.-31.July 1987.
S. Machlup: Physics. John Wiley & Sons 1988.
Ian M. Watt: "The principles and practice of electron microscopy". Cambridge University Press 1989.
P. Horowitz and W. Hill: "The art of Electronics". Cambridge University Press 1989.
Nytt fra NFS ..... 24
Årsmøte 1990
Reisestipend til Fysikermøtet 1990 for lektorer og hovedfagsstudenter
Nye medlemmer
FYSIKERMØTE 1990 ..... 26

**Nr.2:**

Fra Redaktørene ..... 30
FFV-Gjest: Einar Steensnæs ..... 30
In Memoriam: William Shockley
*Jan S. Johannesen* ..... 31
FFV gratulerer ..... 32
HOLOGRAFI- det tredimensjonale mediet
*Olav Skipnes* ..... 33
Rondablikkseminaret i kondenserte fasers fysikk og kjemi 1989
*Olav Steinsvoll* ..... 35
KVARKSTJERNER - en ny type kompakte stjerner
*Tommy Øvergård* ..... 39
NFS Fysikkonkuranse 1990 ..... 44
Trim i FFV ..... 45
Kommentar II til trimløsning
*Tor Ytrehus* ..... 46
Hva skjer ..... 47
Bokomtaler ..... 47
E.F.Adiutori: "The New Heat Transfer". Venturo Press,Ohio,1989.
John D. Cutnell and Kenneth W. Johnson: "Physics". John Wiley & Son,1989.
Elgarøy og Hauge: Fra strålende objekter til sorte hull. Damm,1989.
Dictionary of scientific and technical terms, Fourth Edition. McGraww-Hill 1989.
NFRs årsberetning 1989 ..... 48
Nytt fra NFS ..... 49
Møtekollisjoner
Nye medlemmer

**Nr.3:**

Fra Redaktørene ..... 55
FFV–Panelet: Hans Skoie ..... 55
Nye Doktorander ..... 56
Dr.Scient. Tore Ramsøy
MØRK MATERIE
*Sven Oluf Sørensen* ..... 57
Virkningen av lave stråledoser
*Olav Steinsvoll* ..... 68
Finnes Kvante – kaos?
*Hans H.Grelland* ..... 72
Trim i FFV ..... 73
Kommentar III til trimløsning
*Trygve Holtebekk* ..... 74
Bokomtaler ..... 74
P.Weinberger: "Electron Scattering Theory for Ordered and Disordered Matter". Oxford University Press.
Kosmos 1989: YTFysik.
Nytt fra NFS ..... 75
Årsmelding for Norsk Fysisk Selskap 1989 – 1990
Årsmøtet 1990

**Nr.4:**

Fra Redaktørene ..... 82
FFV–Gjest: Tove Bull ..... 82
Nye Doktorander ..... 83
Dr.Ing Nils Arne Bråten
Dr.Philos Øivind Grøn
Dr.Scient Einar L. Hinrichsen
Momentoverføring fra Solvinden
Signaturer i Dagnordlyset
*Per Even Sandholt* ..... 84
Fysikkseminaret på Ustaoset
*Øystein Falch* ..... 90
Fysikkolympiaden 1990
*Ingerid Hiis Helstrup* ..... 93
Trim i FFV ..... 95
Kommentar IV til trimløsning
*Tor Ytrehus* ..... 96
Bokkronikk. David Darling:"Tidsdypet".
*Henning Knutsen* ..... 96
Bokomtaler ..... 97
F.Aaserud: "Redirecting science: Niels Bohr,philantropy and the rise of nuclear physics". Cambridge University Press 1990.
B.G.Thompson and A.F.Kucks: "IBM-PC in the laboratory". Cambridge University Press 1989
Edward W. Kolb and Michael S. Turner: "The Early Universe". Addison Wesley 1990.
Richard Fernow: "Introduction to experimental particle physics". Cambridge University Press 1989.
Hva skjer ..... 100
Norsk Fysikkråd ..... 100
Undervisningsprofil Nytt fra NFS ... 102
Fysikermøtet 1991
Nytt fra petrofysikkgruppen
Nye medlemmer

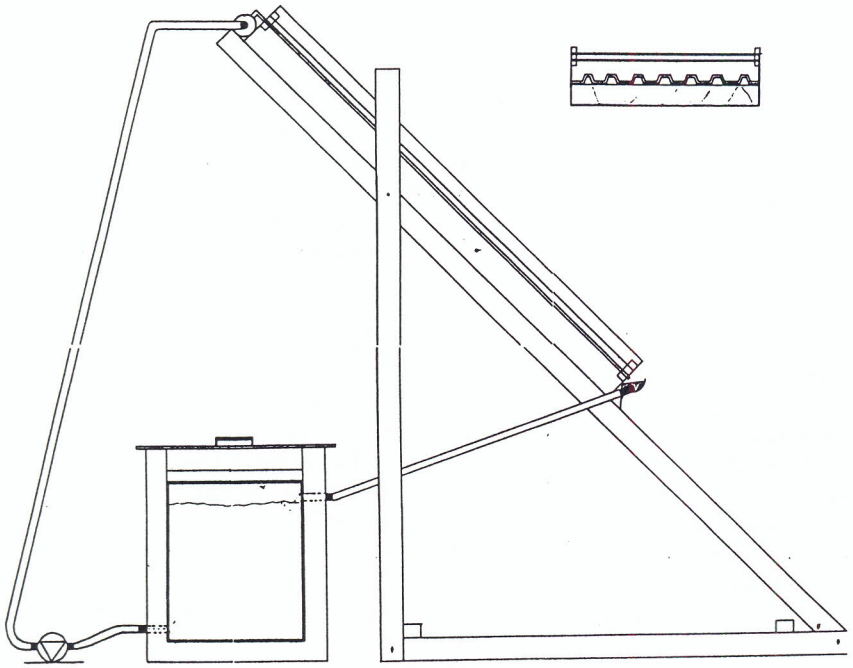


**Fig.5.** Solfangarmodell "A-tak".

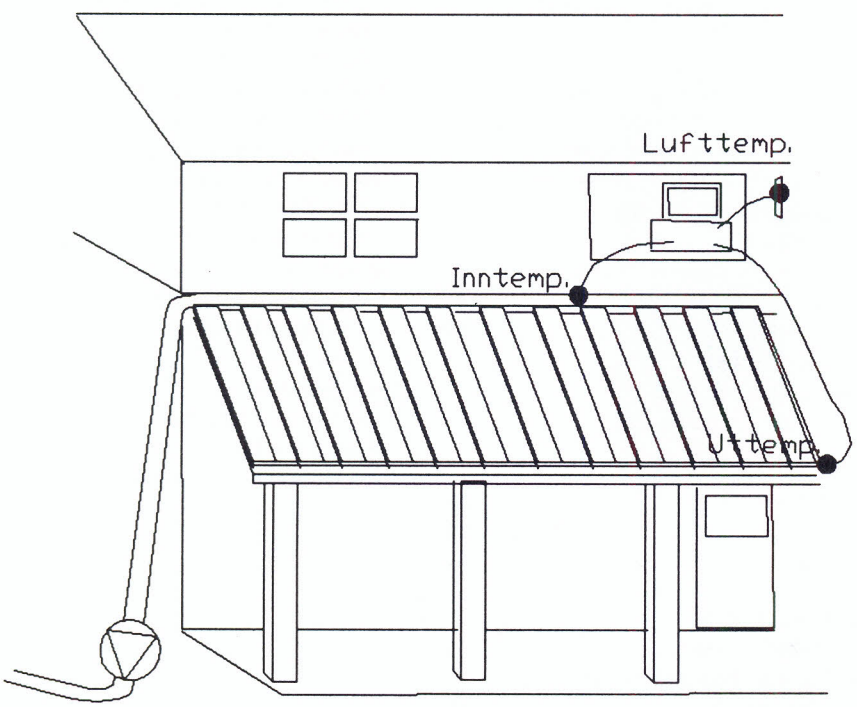



**Fig.6.** Solfangar for oppvarming av vatn til eit settefiskanlegg, med måling av tre temperaturar.

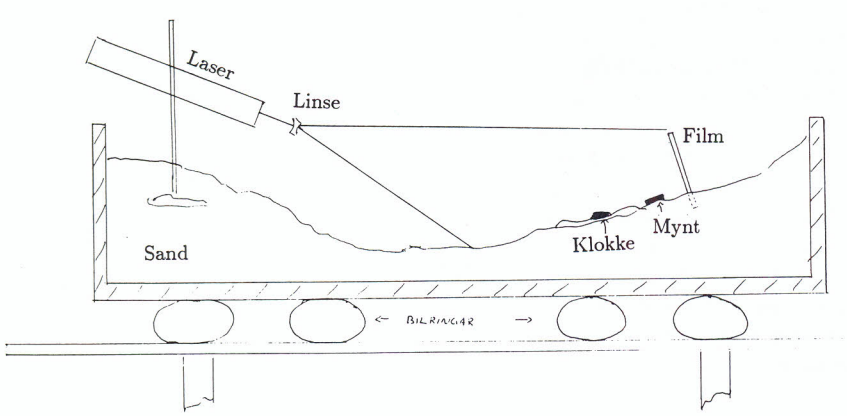



**Fig.7.** Heimelaga stabilt holografibord.

## 2. Holografi

I The Physics Teacher fann vi avertert rimeleg utstyr til holografi (1000 kr). Elevane tinga utstyret (1981), men på ein eller annan måte vart det gjort ein feil med pengeoverføringa slik at prosjektet ikkje vart gjennomført dette året. Fyrst like før desse elevane gjekk ut av tredje klasse kom utstyret. Det vart difor neste årskull som gjennomførte prosjektet. Ved å bruke ei sandkasse og to halvt oppblåste bilringar fekk vi eit stabilt holografibord (figur 7). Etter ikkje så lang tid klarte elevane å lage sitt fyrste hologram! Dette arbeidet er omtala i ein artikkel i "Fra Fysikkens Verden", nr 2, 1986. Eg vil mellom anna nemne at elevane var med og gjennomførte ei førelesing på Telemark Distriktshøgskule, der vi laga hologram med publikum til stades i salen. Vi fekk det faktisk til. I år skal elevane prøve å lage hologram ved seminaret på Ustaoset. Om dei får det til med 100 menneske i salen, veit vi når dette vert lest.

Holografi har vore ein gjengangar i desse prosjekta. Til saman har det vore fire grupper som har arbeidd med dette emnet. Emnet er spanande og har nær samanheng med emna i 2FY, slik som interferens, speil, linser og ikkje minst laseren.

Gruppa i år har som mål å få til eit dagsljos-hologram (eit hologram som kan sjåast utan bruk av laser).

Dei som ynskjer å sjå verkeleg flotte hologram, bør reise til det nye holografimuseet på Hamar eller til Tivoli i København.

## 3. Vasskraftverk

Dalen ligg i Tokke kommune som er ein av dei største kraftkommunane i landet ( 4 TWh pr. år). Det var derfor naturleg å ha eit prosjekt om vasskraft. Ideen var å byggje eit vasskraftverk i miniatyr med røyrgate, turbin, generator, transformatorar og overføringsnett fram til forbrukar (figur 8). Ein tenkte å bruke modellen til ulike målingar for å få ei betre forståing av elektrisitetsproduksjonen.

Dette prosjektet vart noko langvarig då ein undervurderte tida det tok å byggje sjølve modellen. Gruppa rakk ikkje å få ferdig modellen i løpet av året, men ein av elevane heldt fram med prosjektet som eit 2.timars valfag neste år. Han klarte likevel ikkje å få modellen heilt ferdig, slik at her er eit prosjekt som ventar på ei ny gruppe.

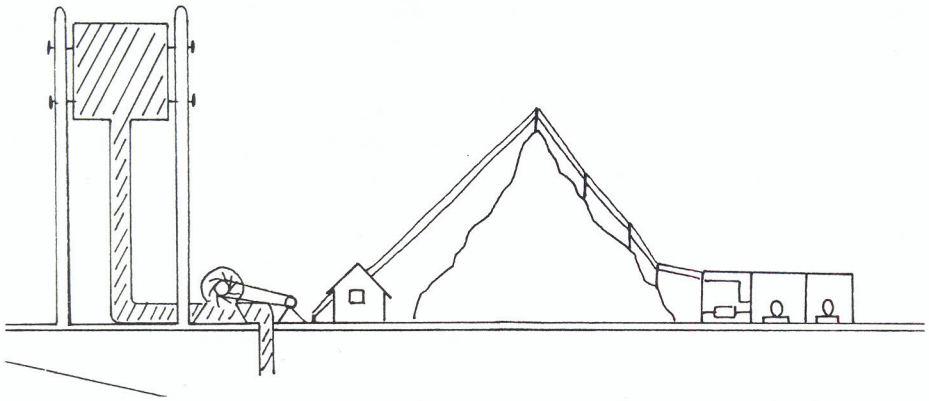


Fig.8. Vasskraftverk i miniatyr.

det ikkje eksistert gode teljemaskiner på marknaden. Det har rett nok kome nokre i siste halvdel av 1989. Problemet har for ein stor del vore å skilje fisken slik at han vert lett å telje elektronisk.

Denne gruppa skal prøve å lage ein innretning som klarer å skilje fisken. For å klare det byggjer dei ei renne i glasfiber, med parabelform (fallparabel), slik at tyngdeakselerasjonen skal skilje fisken.

Dei er nå straks ferdige med forma og er klare til å teste ut renna i praksis.

## 4. Varmepumpe

Ved oppstart av prosjekta hausten 1985 vart det til slutt att ei gruppe på fire jenter som ikkje hadde funne noko interessant. Vi tenkte mellom anna å studere ventilasjonsanlegget ved skulen. Til slutt vart vi einige om at vi skulle ta for oss varmepumpa. Etter kvart fann jentene ut at dei kunne bruke eit kjøleskap som modell. Far til ei av jentene kom med eit gammalt kjøleskap, og jentene demonterte kjøleskapet med liv og lyst. Etterpå laga dei veggar ulike plassar for å sjå korleis varmepumpa kunne fungere både til kjøling og oppvarming. Dei gjorde fine eksperimentelle forsøk med modellen (figur 9).

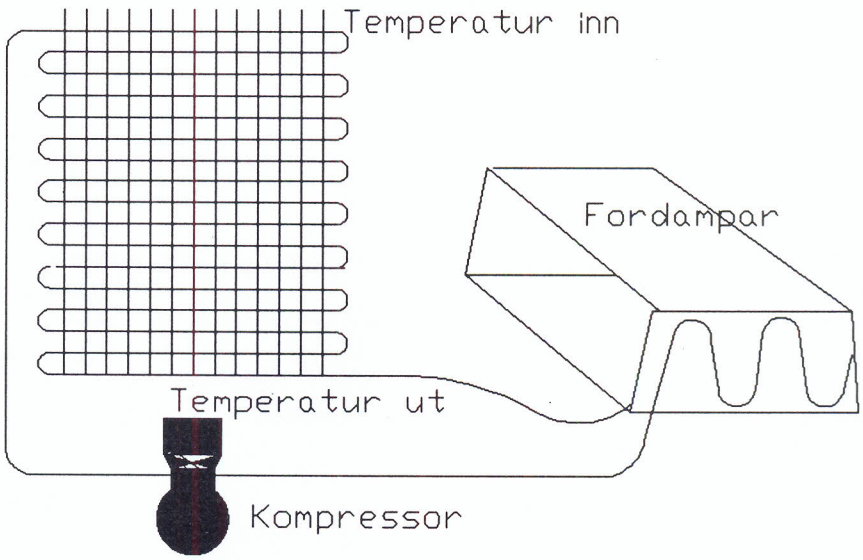



Fig.9. Eit demontert kjøleskap som varmepumpe.

## 5. Vindenergi

Hausten 1989 vart det sett i gang eit prosjekt i vindenergi. Gruppa vart einige om å bruke hausten til å sette seg inn i emnet. Dei leverte ein skriftleg rapport til jul om vindenergi generelt.

I vår bygde dei ei vindmølle som skal ha til oppgåve å lade opp eit batteri. Det vert ein slags hyttemodell. Dei har vore så heldige å få tak i ein propell frå ein viftefabrikant (figur 10). Med denne propellen kan dei lett endre talet på propellblad og vinkelen på det einskilde propellblad. Dei har planar om å teste vindmølla i ein vindtunnel (kanal til høytørke).

I dette prosjektet har det vore eit godt samarbeid med lærarar og elevar på maskin- og mekanikarlinja. Elevane på allmennfag har konstruert modellen, og det meste av det praktiske arbeidet er utført av elevane på maskin og mekanikk.

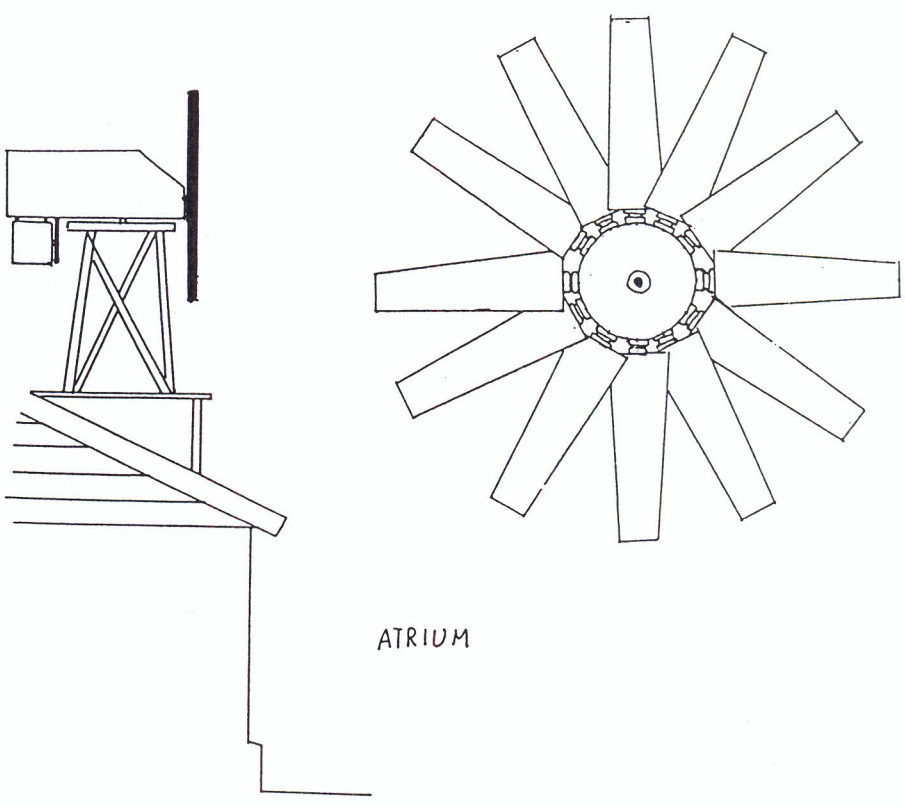



Fig.10. Teikning av vindmølla.

## 6. Fisketeljemaskin for settefiskanlegg

I eit settefiskanlegg har ein behov for å telje fisk ved sortering i anlegget og ved levering av smolt. Fram til nå har

## Erfaringer

Fysikkprosjekt er spanande og gjev nye utfordringar både til lærar og elev. Kanskje kjem ein inn på område som ein føler ein ikkje kan nok om, men kanskje har lyst til å lære meir om. Prosjekta bør kanskje ha litt av det usikre i seg, både for lærar og elev? Ein har ikkje nokon fasit!

Korleis kan ein seie at eit prosjekt har vore vellukka eller ikkje? Eg trur ikkje ein skal måle det i karakterar. Kanskje har ein lært noko vesentleg om arbeidsmåte og ansvar for eit arbeid. Kanskje det viktigaste er at ein kan avslutte eit prosjekt med ei kjensle av å ha gjort eit skikkeleg arbeid. Det som etter mi meining i størst grad skapar ei slik kjensle, er når ein dei siste dagane om våren har fått alle rapportane samla og innbundne til ei bok. Då kan ein seie at arbeidet er avslutta.

∞

# Småvinkelspredning av nøytroner i biologisk forsking

*Olav Steinsvoll**

**På IFE, Kjeller har vi i løpet av de siste åra bygd opp og fått i gang et nytt instrument for småvinkelspredning av langsomme nøytroner fra prøver av uorganisk, organisk og biologisk opprinnelse. Oppbyggingen av instrumentet og dets mulige anvendelsesområder er allerede skissert i en artikkel i FFV[1] i 1988. Vi skal her gå inn på hvordan småvinkelspredning er blitt brukt innafor biologisk forsking de siste årtiene og hvilke muligheter som derved åpner seg for norsk biofysikk ved bruk av SANS på Kjeller.**

## Innledning

I snart 80 år er røntgenstråling blitt brukt til å studere krystallstrukturer. Krystaller består av atomer ordnet etter et bestemt mikroskopisk mønster i et så stort antall at en får en makroskopisk enhet mellom hendene. Ved hjelp av røntgenbølger blir så det mikroskopiske ordningsmønsteret for milliarder av atomer avsøkt og omgjort til et makroskopisk spredningsmønster (intensitet, retning) på grunn av den samvirkende (koherente) spredningsevnen til alle atomene i krystallplanene, Braggspredning. En nøytronstråle kan tilsvarende beskrives ved materiebølger som kan vekselvirke med et atommønster og gi spredning i visse retninger.

For røntgenstråling øker styrken av vekselvirkningen med antall elektroner rundt atomene. For nøytronstrålens vedkommende varierer styrken av vekselvirkningen ganske vilkårlig med atomnummeret og også fra isotop til isotop innafor samme atomslag, se figur 1. Dessuten spres nøytroner fra uparrede spinn i magnetiske atomer.

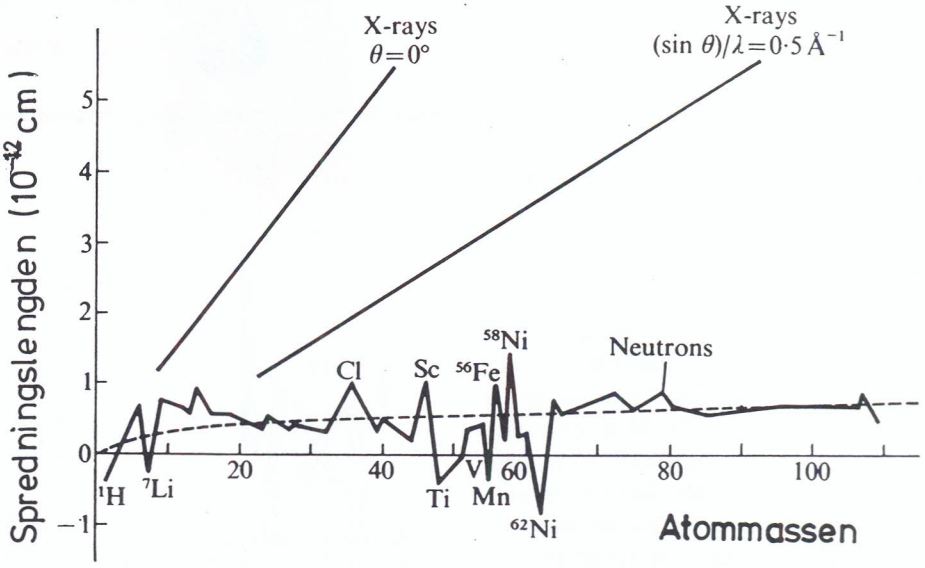



**Fig.1.** Variasjonen av nøytronspredningslengden $\bar{b}$ for ulike elementer og spesielle isotoper som funksjon av atommassen. Spredningslengdene for røntgenstråling for to forskjellige impulsoverføringer er også vist. Styrken av nøytronspredningen varierer uregelmessig med massen, mens røntgenspredningen øker lineært (med atomnummeret!)

Røntgenstråling med stor intensitet kan en produsere ganske rimelig i røntgenrør, mens nøytroner må en ta fra en dyr kjernefysisk reaktor, og strålen har lav intensitet. En kan teoretisk gjøre de samme strukturundersøkelser både ved røntgen og nøytroner, men i praksis vil en hovedsakelig bruke røntgen og seinere ty til nøytronspredning når en har problemer som nøytroner er særlig skikket til å oppklare.

Som navnet sier, er nøytroner elektrisk nøytrale partikler. Dette gir undersøkelser med nøytroner flere fordeler i forhold til elektromagnetisk røntgenstråling: Nøytroner ioniserer ikke prøven og lager derfor ikke kjemiske radikaler som kan ødelegge livsfunksjoner. Det er derfor lettere å gjøre "in vivo" undersøkelser med nøytroner. Av samme grunn er absorpsjonen av nøytroner i prøver mye mindre enn for røntgen. På den annen side må

*IFE, 2007 Kjeller

en benytte forholdsvis store prøver nettopp fordi nøytronintensiteten fra reaktorene er så lav, og fordi nøtronenes vekselvirkning med stoff er så svak. En hovedfordel med nøytroner er likevel at de har evne til å vekselvirke med hydrogenatomer med samme styrke som med andre atomslag, mens røntgenstråling nesten ikke "ser" eller lar seg affisere av hydrogenatomer.

## Spredningseksperimenter.

La oss nå se på hva som atskiller vanlige strukturundersøkelser ved hjelp av røntgen eller nøytroner fra tilsvarende småvinkelspredning. Vi så ovenfor at en i første tilfellet kan studere den indre strukturen av de enhetscellene som stoffet består av, altså målinger med høy oppløsning: en kan finne avstander mellom atomer i området 1 til 10 Å med stor nøyaktighet ved hjelp av Braggspredning. For termiske nøytroner vil spredningsvinklene da ligge i området 5 – 100 grader. Men skal metoden anvendes på biologiske molekyler, slik som proteiner eller biologiske membraner, må en enten ha krystaller eller samlinger av innrettede molekyler av stoffet for å få nok intensitet i Bragg-refleksjonene. Dette er ofte vanskelig å få til, og får en det til, er en nesten garantert at det ikke er slik stoffet forekommer når det er biologisk virksomt i organismer.

Men en kan også få visse viktige informasjoner om prøvens struktur ved å studere fordelinga av den spredde stråling i nærheten av den direkte strålen, altså spredning framover eller ved små spredningsvinkler (0 – 5 grader), men denne informasjonen ligger på et annet plan. Målingene karakteriseres ved såkalt lav oppløsning. Dette betyr at en ikke lenger kan "se" enkeltatomer, deres plassering eller avstandsfordeling, men derimot form og størrelse av makromolekyler i størrelsesområdet 10 - 1000 Å. Det skjer derfor en midling over stoffets spredningsegenskaper slik at vi i spredningsformlene må operere med den effektive spredningsstyrken som setter seg sammen av spredningsstyrkene til de enkelte atomslag som inngår i prøva. De enkelte styrkene adderes vektlagt med en faktor som bestemmes av forekomsten av dem. Derfor er det blitt vanlig innafor biologiske anvendelser av SANS å angi molekylenes spredningsevne som "spredningslengdetettheten" i enheten $10^{-14}$cm/Å$^3$.

La oss se på noen eksempler for nøytronspredning. Den gjennomsnittlige totale spredningsevne for vanlig vann, $H_2O$, er nesten null,
($b = -0{,}55 \cdot 10^{-14}$cm/Å$^3$)
fordi spredningslengden for dets to hydrogenatomer nesten utbalanserer spredningslengden for oksygenatomet. På den annen side er spredningsevnen fra tungtvann , $D_2O$, svært stor og positiv
($b = 6{,}36 \cdot 10^{-14}$cm/Å$^3$)
fordi døyteriumatomene har store og positive spredningslengder. På grunn av midlingsprinsippet vil en kunne blande vann og tungtvann slik at den effektive spredningsevnen kan anta alle verdier mellom (- 0,55) og (+ $6.36) \times 10^{-14}$cm/Å$^3$). Biologiske makromolekyler består hovedsakelig av et begrenset utvalg av atomer, slik som H, C, N, O, P, S. Mengden av hydrogen varierer over og under 30% og er karakteristisk for molekylet. Denne variasjonen gjenspeiles i molekyltypenes gjennomsnittlige spredningsevne som angitt i Tabell 1.

Tabell 1

| Molekyl | H-form | D-form |
|---|---|---|
| Vann | -0,6 | 6,3 |
| Hydrokarboner | -0,3 | 7,0 |
| "Hodet" til lipider | 1,7 | 2,6 |
| Proteiner | 4,0 | 9,0 |
| Nukleinsyre (RNA) | 4,2 | 7,2 |

**Tabell 1.**Tabell over gjennomsnittlig spredningsevne for vann og ulike biologiske molekyler. Den naturlig forekommende formen (H-form) er angitt først, mens den døytrerte formen (D-form) er angitt etterpå. Tallene er omregnet fra den gjennomsnittlige verdi på spredningslengden $\bar{b}$ ($10^{-12}$ cm) til enheten $10^{-14}$ cm/Å$^3$ (spredningslengde-tettheten) ved å ta omsyn til molekylenes volum.

Biologiske makromolekyler (biologiske polymerer ?) utfører sin virksomhet i vandige oppløsninger, og en har ført inngående bevis for at deres spesifikke arbeidsinnsats (enzymvirkning f.eks.) i celler eller andre kroppsvæsker er avhengig av hvordan de har krøllet seg sammen til nøster med hulrom og aktive områder der f.eks. proteinsyntese kan foregå (sml. "nøkkel - lås teorien" til Ehrlich). Det er derfor nødvendig å ha et bilde av de biologiske molekylenes form og konformasjon for å forstå deres biologiske funksjonsmåte. Røntgenspredning med god oppløsningsevne på krystallprøver av DNA-molekyler ledet Watson og Crick fram til dobbeltspiralmodellen for arvemolekylene. Da var det lett å gå videre og tenke seg hvordan disse molekylene "formerte" seg og førte arvestoffet videre.

Slike undersøkelser vil en ikke kunne utføre med nøytron småvinkel-spredning, men det er en hel rekke interessante problemstillinger innafor biologien som er blitt undersøkt med godt utbytte med denne metoden de siste åra.

## Kontrast og kontrastvariasjon.

Av tabell 1 ser vi at biologiske molekyler har spredningsevner som atskiller seg betydelig fra vann. Dette betyr at en kan "se"molekyler eller aggregater i vandige eller tilsvarende fysiologiske løsninger fordi en har spredningskontrast mellom løsningsmidlet og molekylene. Løsningsmidlet vil gi en spredningsintensitet, bakgrunn, som er lik i alle retninger (isotrop), mens molekylene vil gi et spredningsmønster som er karakteristisk for deres form og størrelse. Det er en vanskelig jobb å lage krystaller av biologiske molekyler, men vi ser at vi i SANS har en metode for hånden der en kan la molekylene ligge uordnet i en oppløsning og likevel få verdifull informasjon om dem.

Dessuten kan en variere kontrasten mellom oppløsningsmidlet og de biologiske enhetene ved å benytte blandinger av lettvann og tungtvann i forskjellig forhold. Med et riktig blandingsforhold kan en "viske ut" spredningen fra en type biologiske molekyler, f.eks. RNA, og derved framheve spredningen fra andre molekyltyper, f.eks. proteiner, se figur 2.

En annen måte er å gå inn i de biologiske enhetene og erstatte hydrogenatomer med døyteriumatomer eller vannmolekyler med tungtvannsmolekyler. Dette er en svært skånsom metode rent fysiologisk fordi de biokjemiske forhold ikke blir særlig påvirket av en slik erstatning. Det krever likevel en god del biokjemisk arbeid for å få gjennomført slike erstatninger med tungtvann, og det blir derfor dyre prøver. Slik utveksling finner også sted når de naturlige biologiske enhetene helt enkelt blir oppløst i tungtvannsblandinger. Dette kommer av at en del vannmolekyler er løst bundet til de bi-

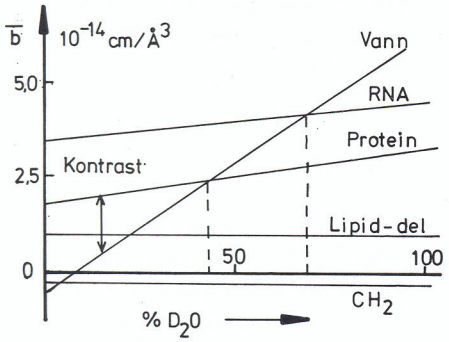



**Fig.2.**Gjennomsnittlige spredningslengder b for RNA, protein og lipidmolekyler i $D_2O/H_2O$ blandinger av ulik konsentrasjon. $\bar{b}$ varierer med konsentrasjonen fordi etterhvert flere H-atomer i molekylene byttes ut med D-atomer ettersom konsentrasjonen øker. Ved konsentrasjonen $D_2O$ = 42% er en viss proteintype "usynlig". Ved konsentrasjonen $D_2O$ = 69,5% er RNA "usynlig". I begge tilfellene er kontrasten mellom vannet og stoffet da lik null.

ologiske enhetene og utveksles lett med oppløsningsmidlet. Det samme gjelder også enkelte hydrogenatomer.

Vi har med dette gitt et lite innblikk i småvinkelspredningens arbeidsmetoder, oppløsningsforhold og muligheter, og vi skal nå se på resultatene av noen få eksperimenter på biologiske enheter i oppløsning der en har benyttet seg av mulighetene for kontrastvariasjon på ulike måter for å få svar på viktige biologiske struktur spørsmål. Innafor molekylærbiologi er det så mange organisasjons- og struktur-nivåer at en har god bruk for undersøkelsesmetoder med både høy og lav oppløsning i rommet. Metodene utfyller hverandre og befrukter hverandre gjensidig.

## Undersøkelser av virus.

Virus er laget av en nukleinsyre som bærer genetisk informasjon som blir sprøytet inn i den angrepne cellen og dessuten et beskyttende skall som også hekter seg på celleveggen til ofret. De enkleste virus er plante- og bakterievirus som har en kjerne av RNA og et proteinskall. Viruset er tilnærmet kuleformet, og proteinskallet har femtallig eller ikosahedral symmetri, se figur 3. For å framheve spredning fra kjernen av nukleinsyre har en løst virus i en konsentrasjon av 42% $D_2O$ i vann. Spredningsmønstret viser da den karakteristiske variasjon med vinkelen som kjennetegner små oppløste kuler med en viss liten radius, figur 4 (se formel (3) i (1)).

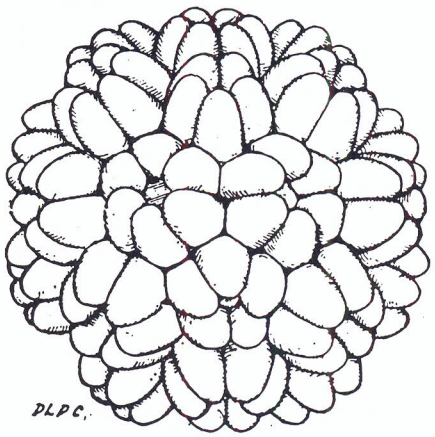



**Fig.3.**Proteinskallet for et plantevirus. Proteinmolekylene er ordnet i et ikosaedermønster med 20 likesidete triangler sammensatt i 12 femsidete hjørner.

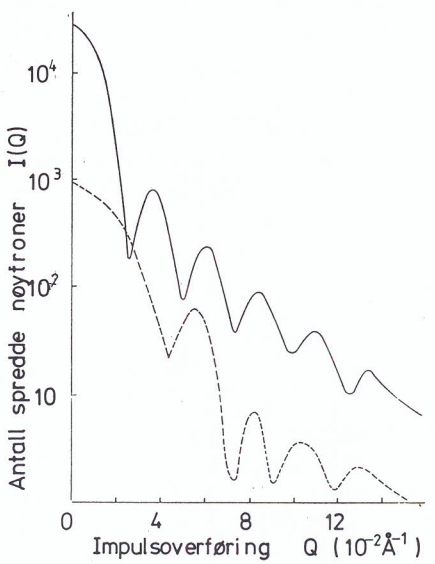



**Fig.4.**Viser småvinkelspredning av nøytroner fra plantevirus oppløst i to ulike konsentrasjoner av tungtvann/ vann. Stiplet kurve (42% $D_2O$) gir spredningsvariasjonen for RNA, mens heltrukket kurve (69.5% $D_2O$) gir tilsvarende for proteinskallet.

Spredningen fra proteinskallet kan framheves ved å løse virus i vann med en annen konsentrasjon av $D_2O$ (69,5%). Oppløsningen viser spredningsvariasjon karakteristisk for kuleskall. En mer detaljert analyse av spredningen gir et bilde som i figur 5, der en forestiller seg ellipsoideformede proteinmolekyler liggende side om side i skallet, og at RNA kjernen har pigger ut i alle retninger fra en kuleformet, kompakt sentralenhet.

## Indre organisering av makromolekylære aggregater.

I cellene foregår proteinsyntesen i ribosomene ved polymerisering av

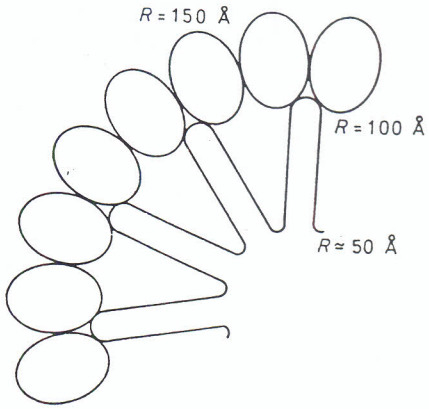



**Fig.5.**Antatt tverrsnitt av en viruspartikkel ut fra nøytronspredningsdata. Ellipsoideformete proteinmolekyler ligger tett i tett som et skall utenpå en kjerne av RNA. Kjernen har pigger som eikene i et

aminosyrer. Ribosomene er bygd opp av flere enheter (proteiner) som kan skilles fysisk fra hverandre, men når de blandes tilbake i en oppløsning, danner de igjen et funksjonsdyktig ribosom ved selvorganisering. En har latt bakterier vokse på næringssubstrat med ulik deuteriumkonsentrasjon, og alt etter "matens" beskaffenhet vil dette gjenspeiles i organismenes døyteriumkonsentrasjon, også i ribosomene deres. En kan nå plukke ut og dele opp ribosomene og deretter blande sammen ribosomdeler med ulik døytrering slik at de ulike delene står fram med kontrast i forhold til resten av ribosomet og løsningsmidlet etter tur, to og to, figur 6. Spredningsintensiteten fra slike løsninger viser interferensfenomener som fås mellom samlinger av kuler med en viss innbyrdes avstand, se figur 7. Avstanden kan så bestemmes ved å måle ved hvilke spredningsvinkler den oscillerende intensiteten krysser et slags midlere null-nivå og ved avstanden mellom slike krysninger. En har gjort slike avstandsmålinger for kombinasjoner av alle 21 proteinmolekylene som inngår i ribosomdelen, og derved klart å lage et tredimensjonalt kart over dem, se figur 8. Ribosomdelen har en molekylvekt på 850 000 og består av et enkelt spiralformet RNA molekyl med de 21 proteinene innebygd på bestemte plasser i strukturen. En må si det er gjort en fantastisk jobb !

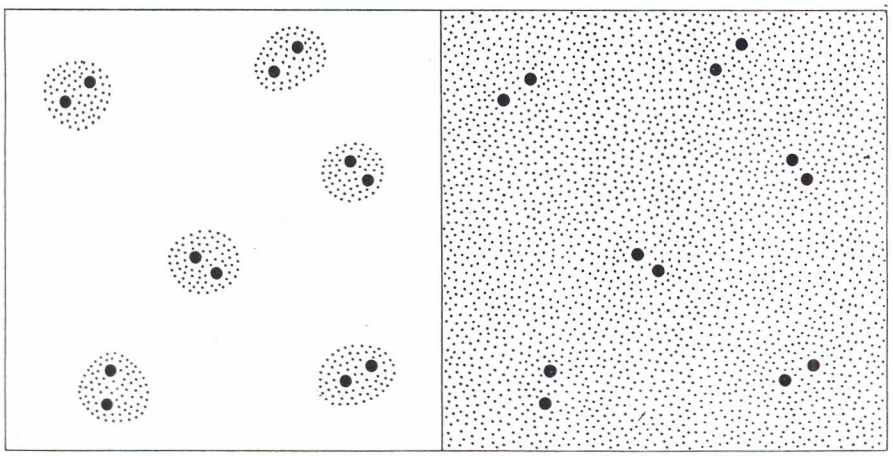


**Fig.6a.**Ribosomdeler oppløst i vann. To ulike proteiner i ribosomdelene er døytrert og står fram med spredningskontrast i forhold til vann og resten av ribosomdelene.

**Fig.6b.**Ribosomdeler oppløst i en blanding av tungtvann og vann. Konsentrasjonen av tungtvann er valgt slik at resten av ribosomet er uten kontrast i forhold til oppløsningsmidlet. Proteinenes avstandsforhold kan derfor måles uten forstyrrelser.

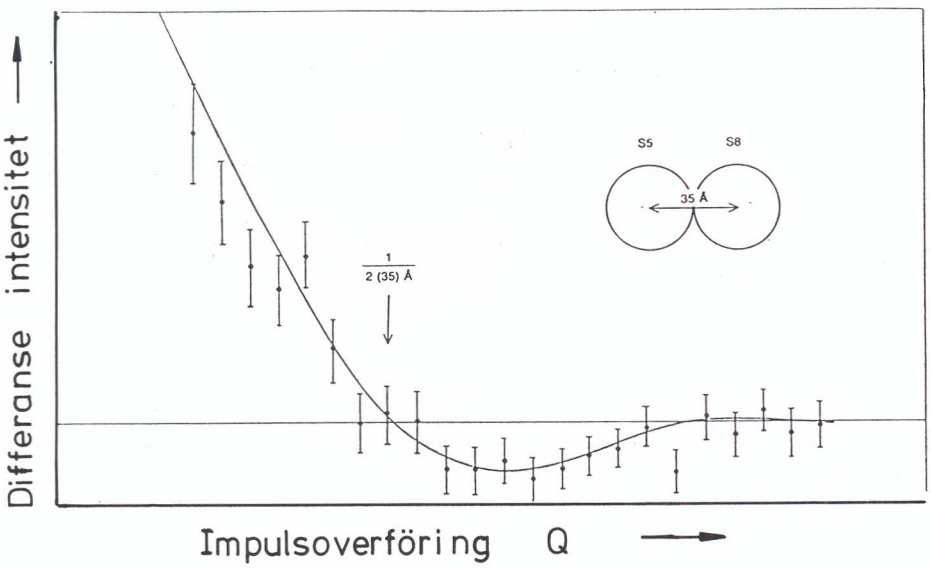



**Fig.7.**Småvinkelspredning fra døytrerte proteiner bygd inn i ribosomdeler oppløst i vann. Intensiteten over nøytrondetektoren oscillerer i styrke. "Bølgelengden" av oscillasjonen avhenger av avstanden, l, mellom de merkete proteinene . Avstanden er i dette tilfellet 35 Å.

## Hydratisering av biologiske makromolekyler.

Biologiske molekyler i vannløsning omgir seg med en sky av mer eller mindre bundne vannmolekyler. Denne skya ser ut til å være viktig for arbeidsfunksjonen til biomolekylene. En har studert tykkelsen og tettheten av skya rundt "transfer RNA" molekyler ved å sammenlikne spredningsmønstrene når tRNA er oppløst henholdsvis i vann og $D_2O$ . En kom fram til den overraskende tydningen av dataene at tRNA er omgitt av en "vannkappe" som har høyere tetthet enn ellers i løsningen. tRNA er sterkt ladete polyanioner og har en sterk elektrostriktiv effekt i naboskapet.

## Magnetisk opplinjering av makromolekyler.

Vi skal avslutte denne raske gjennomgåelsen av fremstående eksperimenter innafor SANS området med å beskrive et eksperiment som A. Skjeltorp, IFE har gjennomført for å demonstrere hvordan en kan linjere opp større biologiske enheter slik som virus ved å løse dem i en magnetisk væske. Han har brukt virus som går på bakterier, såkalt "lambda phage". En kan grovt forestille seg viruset som ei kule med diameter 500 Å og med en tynn hale med lengde 1500 Å. Den magnetiske væsken bestod av magnetittpartikler med størrelse rundt 50 Å oppløst i vann. Virus-partiklene fortrenger magnetisk væske og lager et "magnetisk hull" som ter seg som en liten omvendt magnet, figur 9. Når væsken

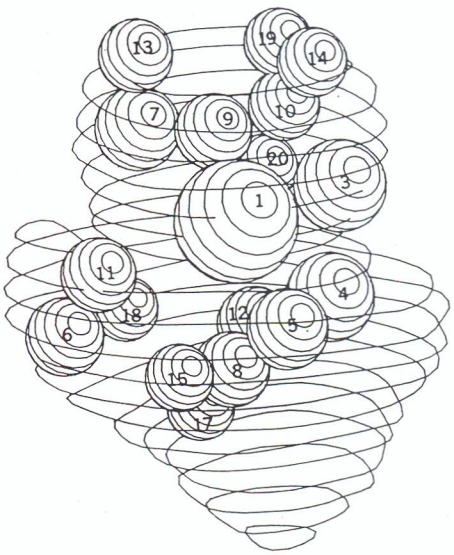
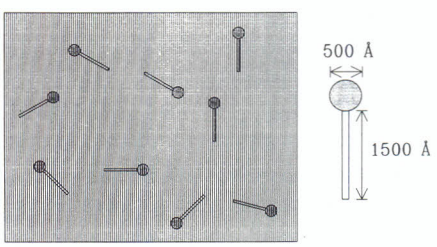
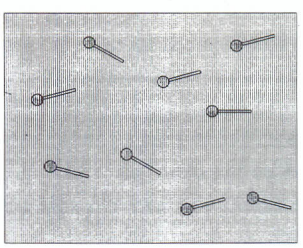



**Fig.8.**Viser den tredimensjonale framstilling av posisjonene til proteinene i en ribosomdel. Posisjoner og avstander mellom de ulike proteinene er kommet fram ved "triangulering" som er beskrevet i teksten. Proteinene er festet til den spiralformete ryggraden av RNA.




H = 0



H > 0

**Fig.9a.**En samling virus av bakteriofagtypen er oppløst i en magnetisk væske. Ved null felt (H = 0) er orienteringen av viruspartiklene vilkårlig.

**Fig.9b.**Når en setter på et magnetisk felt (H > 0), vil partiklene prøve å orientere seg med langaksen langs feltet. Viruspartiklene vekselvirker da med hverandre som små magneter. Hvis magnetfeltet er på tvers av strålen, vil fordelinga av spredde nøytroner ikke lenger ha sirkulær symmetri.

settes i et magnetfelt, vil hullene eller altså viruset orientere seg, og en får spredningsfenomener som fra orienterte biologiske prøver: I retning av den korteste aksen utvider spredningsmønstret seg, mens det trekker seg sammen i retning av den lange aksen. Utfra disse effektene kan en så regne ut formen av bakteriofagen.

## Avslutning.

Vi har ovenfor gitt en smakebit av de muligheter som eksperimenter med småvinkelspredning av nøytroner gir oss innafor biologisk forsking. Det er likevel klart at de eksperimentene som er beskrevet, har krevd stor innsats av brede forskingsteam med stor innsats av biokjemisk ekspertise og ressurser. Slike opplegg vil vi ikke ha muligheter for i Norge. Det skulle likevel ligge vel til rette for mindre "spektakulære" framstøt med samarbeid mellom grupper ved institusjoner som allerede befinner seg i feltene biofysikk og biokjemi. Det er tydelig at SANS gir svar på biologiske spørsmål som det ikke ville vært mulig å finne med andre forskingsmetoder. På den annen side er informasjonen ganske begrenset og har lav oppløsning. Dette må en ta hensyn til under planlegging av forsøk slik at en ikke legger lista høyere enn metoden er god for. For flytende prøver er prøveholderne gjerne kyvetter av kvarts med et hulrom $15 \times 10 \times 1$ mm$^3$ som altså rommer 150 $\mu$l vannløsning. Stoffet som skal undersøkes i løsning, utgjør en brøkdel av dette.

SANS kommer som et utfyllende ledd i en serie med forskingsmetoder som den må konkurrere med. Vi kan nevne SAXS med synkrotronstråling, elektron- og lysmikroskopi, lysspredning og NMR. Figur 10 viser en oversikt over hvilke størrelsesområder de ulike undersøkelsesmetoder for mikrostrukturer passer best for.

Det er viktig å sørge for at SANS instrumentet ikke får samme skjebne som firesirkel-diffraktometret for enkrystaller ved Kjeller reaktoren som har stått ubrukt de siste ti åra av mangel på interesse og bevilgninger. Det ble også innkjøpt som et nasjonalt instrument med bifall av laboratorier og forskingsinstitusjoner.

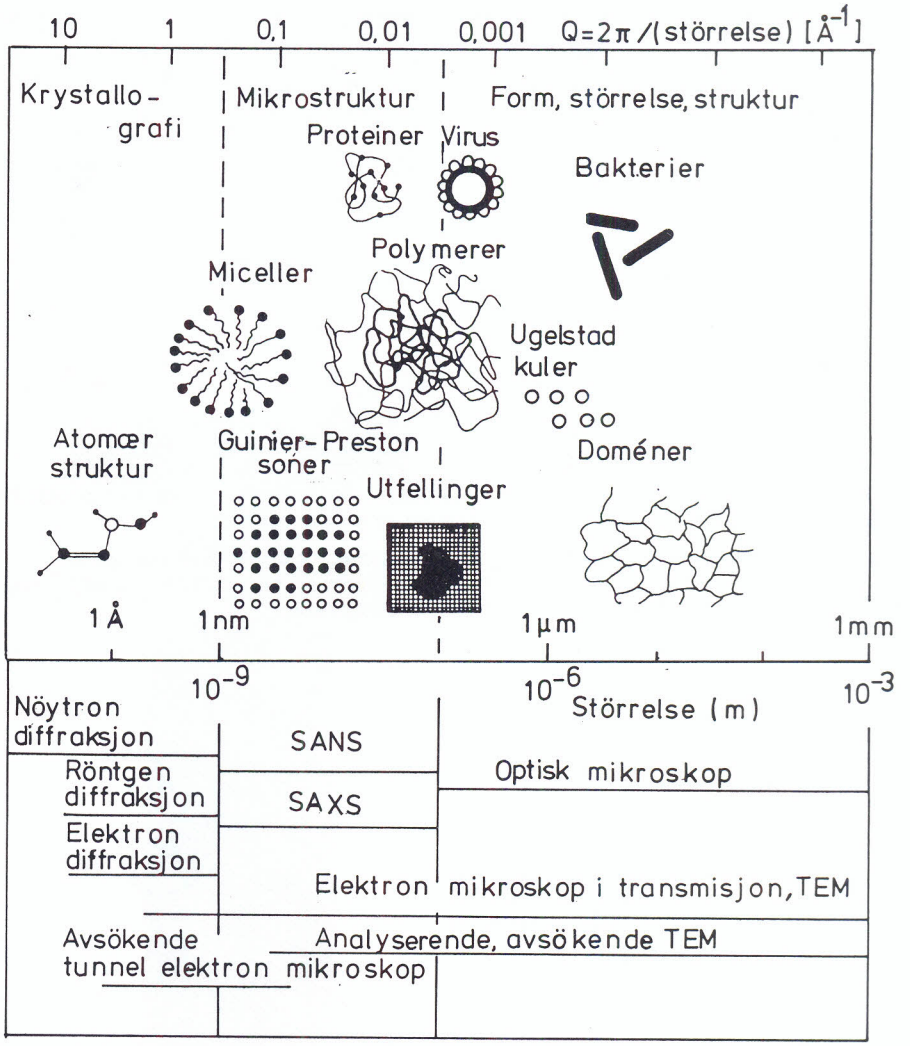



**Fig.10.** Den øverste delen av figuren navngir ulike mikrostrukturer med deres lengdeskalaforhold. Den nederste delen viser de eksperimental-teknikker som kan benyttes for disse lengdeskalaene.

## Ordliste:

**SANS**
Står for "Small Angle Neutron Scattering", småvinkel nøytronspredning. I vår sammenheng betegner det både metoden som brukes og navnet på det instrumentet som står i reaktorhallen på IFE, Kjeller.

**SAXS**
Står for "Small Angle X-ray Scattering", småvinkel røntgenspredning.

**NMR**
Står for "Nuclear Magnetic Resonance", kjernemagnetisk resonans.

**Nukleinsyrer**
DNA eller RNA molekyler

**Deoxyribonukleinsyre (DNA)**
Et makromolekyl som er et lineært polymer av deoxyribonukleo- tider. Molekylet oppbevarer den genetiske koden som kommer fram ved rekkefølgen av nukleotidene.

**Ribonukleinsyre (RNA)**
Et makromolekyl som er et lineært polymer av ribonukleotider. Kjemisk lik DNA og virker hovedsaklig i prosesser som får geninformasjonen til å komme til uttrykk.

**Transfer RNA (tRNA)**
En type RNA molekyler med molekylvekt rundt 25 000. Tjener som bærere av aminosyrer under proteinproduksjonen.

**Protein**
Et molekyl som er et lineært polymer av aminosyrer, et polypeptid. En levende organisme består av 50% proteiner. Mange proteiner virker som enzymer, dvs en slags organiske katalysatorer i livsprosessene.

**Ribosom**
Del av det indre av celler. Et stort molekylkompleks av proteiner og med RNA ryggrad som katalyserer produksjonen av proteiner. Aminosyrerekkefølgen bestemmes av nukleotiderekkefølgen i DNA.

## Referanser


1. O. Steinsvoll, *"SANS - småvinkel nøytronspredning"* Fra Fysikkens Verden, **3** ,1988
2. D.M. Engelmann og P.B. Moore, *"Neutron scattering studies of the Ribosome"* Scientific American
3. P.B. Moore, *"Applications of neutron scattering to biology"* Physics Today, Januar 1985, s 63.
4. Arne T. Skjeltorp et al, Phys. Rev. Lett. **62** , 1667 (1989)
5. L.A. Feigin og D.I. Svergun, *"Structure Analysis by Small Angle Xray and Neutron Scattering"* Plenum Press 1987.


$\infty$

# Trim i FFV

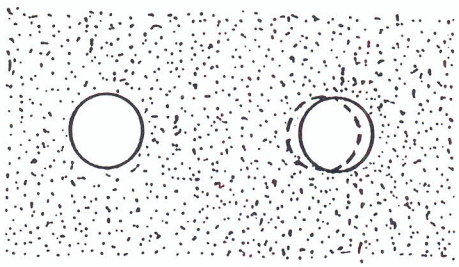
## FFVT 1/91

a) På et fysikermøte stillet 200 deltagere opp i 10 rekker med 20 personer i hver rekke, eller, om en vil, i 20 kolonner à 10 personer. I hver kolonne ble den korteste person utpekt, og student S viste seg å være den lengste blant disse 20 "korteste" personene. Deretter ble den lengste person i hver rekke pekt ut, og professor P viste seg å være den korteste av disse 10 "lengste" personene. Har spørsmålet "Hvem er lengst av student S og professor P?" et entydig svar?

b) Kan en springer hoppe v.h.a. springertrekk fra ett hjørne av et sjakkbrett til det diagonalt motsatte hjørnefelt, slik at den besøker hvert eneste felt på brettet presis én gang?

## Løsning FFVT 4/90

Spørsmålet var om to hulrom i et forøvrig homogent univers vil ha frastøtende, tiltrekkende eller null gjensidig vekselvirkning. Svaret er at de vil tiltrekke hverandre. En kan innse det ved å tenke seg hullet "til høyre" flyttet til en alternativ posisjon (stiplet) litt nærmere hullet til venstre. Endringen innebærer at litt masse flyttes lengre bort fra hullet tilvenstre, og det vinner energi. Og energigevinst ved at hullene er plassert litt nærmere hverandre impliserer tiltrekning.



## KOMMENTAR V TIL LØSNING AV FFVT 3/89

Ny replikk til Tor Ytrehus om punktert vakuumtank.

Med Tor Ytrehus' avvæpnende argument om at han støtter seg på elementære kjensgjerninger som det er gjort grundig rede for i de fleste relevante lærebøker, tenkte jeg at siste ord måtte være sagt i debatten oss i mellom. Han avsluttet imidlertid med en bemerkning som fikk meg til å tenke en gang til.

Han mener det er en analogi mellom vårt tilfelle og det som hender når en partikkel med impuls $\vec{p}$ støter mot en vegg i et elastisk støt. Den avgir da som kjent en impuls $2\vec{p}$ til veggen, og partikkelen beveger seg tilbake dit den kom fra. Gassmolekylene våre blir forhåpentligvis værende i tanken og vil, etter diverse fram og tilbakebevegelser bare ha avgitt den impulsen de førte med seg inn i tanken. Med andre ord, gassen absorberes i tanken, den reflekteres ikke fra åpningen.

T.Y. sier han har benyttet seg av anerkjente lærebøker av typen "Engineering Fluid Mechanics", men refererer spesielt til en helt ny bok: R. Munson & al. "Fundamentals of Fluid Mechanics", utkommet i 1990. Da jeg ettersøkte boka, viste det seg at den gjennom vårt bibliotek bare fantes tilgjengelig i ett eksemplar, i NTHs bibliotek og på det tidspunkt utlånt derfra. Jeg har nå fått tak på boka. Den kan anbefales. Forfatterne uttrykker seg klart både om hvilke emner de behandler, og i utredningene som er supplert med enkle og treffende eksempler. Det beklagelige er at de i det hele tatt ikke diskuterer den typen strømning som vi ser på her.

I boka behandles hovedsaklig strømning av inkompressible vesker. På de sidene T.Y. refererer til, er også stasjonær strømning av gasser omtalt. Innstrømning i et lukket volum blir, så langt jeg kan se, ikke nevnt.

Når man benytter forenklede likninger på situasjoner der forutsetningen for forenklingen ikke er tilstede, blir resultatet som oftest feil. Eller, for å sitere Ibsen: "Når utgangspunktet er som galest.....".

Munson starter riktignok med et fullstendig uttrykk for Newtons 2. lov, anvendt på et kontrollvolum hvor fluid strømmer inn og ut. Men det første han gjør er å sløyfe den tidsderiverte av impulsen til gassen inne i kontrollvolumet (Munson p. 241, likning (1)). Dermed gjelder uttrykket bare for stasjonær strømning. Den samme forenklingen finner vi igjen hos T.Y. (likning (1) i hans første innlegg) . Hvis vi istedet nøyer oss med å sløyfe de leddene som gjelder strøm ut, utelate tyngden, erstatte overtrykket (gage pressure) $p_1$ med det absolutte trykk, $p^* = p_1 + p_0$, forenklinger som også T.Y. har gjort, og dessuten regner retningen av den innstrømmende gass som positiv (hullet bak på tanken), får Newtons 2. lov for et kontrollvolum som er i ro følgende form:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_V v\rho dV + \int_A v\rho(\vec{v}\cdot\vec{n})dA = F - (p_0 - p^*)\Delta A$$

hvor det første leddet

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_V dV$$

er null ved stasjonær gjennomstrømnig. Det neste leddet er i overensstemmelse med hva T.Y angir i sitt første innlegg negativt hvis vi regner strømretningen som positiv. (I T.Y.s siste innlegg står det $\vec{u}$ istedenfor $\vec{n}$ i skalarproduktet, en trykkfeil som kan virke forvirrende siden strømningshastigheten $\vec{u}$ og flatenormalen $\vec{n}$ er motsatt rettet.) Sammenlikner vi prosessen med en ball som støter mot en vegg, svarer dette leddet til den impulsen som må overføres til ballen for å få den til å skvette bakover. De to leddene på venstre side opphever hverandre.

På høyre side representerer $F$ den kraften som må til for å holde kon-

trollvolumet i ro, $-p_0\Delta A$ er resultanten av trykkreftene på kontrollvolumets overflate bortsett fra hullet, og $p^*\Delta A$ er trykkraften mot hullet, som setter gassen i bevegelse inne i tanken, og som eventuelt kan beskrives som en impulsstrøm mot tankens indre vegger, slik jeg forutsatte. Sammenlikner vi med en ball mot en vegg, er dette reaksjonskraften til den kraften som stanser ballen hvis støtet er plastisk. Resultatet blir: $F = (p_0 - p^*)\Delta A$.

T.Y.har angitt verdi for $p^*$ ved kritisk gjennomstrømning, dvs. ved lavt trykk inne i tanken. Ved høyere trykk vil $p^*$ nærme seg trykket inne i tanken, men det vil være mindre enn $p_0$ så lenge innstrømningen foregår. $F$ vil derfor hele tiden være positiv ved innstrømning. Forat gassen skal bli i ro inne i tanken må vi holde igjen med en kraft i strømretningen. Slipper vi taket, suges tanken bakover.

Jeg innser etter å ha lest T.Y.s innlegg at jeg ikke uttrykte meg eksakt nok når jeg sa vi kunne se bort fra trykket i åpningen. Selvsagt må trykket være med hvis vi velger et kontrollvolum på den måten T.Y. gjør. Jeg snakket i mitt første innlegg ikke om kontrollvolum, men betraktet de fysiske kreftene som virket på selve tanken. Jeg beklager at jeg ikke reagerte da T.Y. i sitt innlegg innførte betegnelsen kontrollvolum. Jeg går ut fra at det nå er klart at man, uansett betraktningsmåte, får som resultat at tanken suges bakover hvis det strømmer inn luft gjennom et hull bak.

I nest siste avsnitt kritiserer T.Y. mine betraktninger omkring symmetri. Til det er for det første å si at jeg ikke benyttet meg av symmetribetraktninger for å trekke sikre konklusjoner. Det var snarere en intuisjon som varslet meg om at et eller annet var galt, og som det kunne være bryet verdt å undersøke nærmere. Intuisjon er ofte en god ledestjerne, også for fysikere.

Når en etterpå betrakter resultatet, kan det både sees og sies at det er en høy grad av symmetri ved inn og utstrømning. Likningen $F = (p_0 - p^*)\Delta A$ har gyldighet uansett om gassen strømmer ut eller inn, forutsatt at positiv retning er inn i tanken. Det er i begge tilfelle trykkdifferansen $p_0 - p^*$ som bestemmer akselerasjonen av tanken. Trykket $p^*$ har en verdi som ligger mellom trykket utenfor, $p_0$, og trykket inne i tanken og akselerasjonen blir positiv ved overtrykk, negativ ved undertrykk i tanken. Sammenlikningen med å reversere et strømningsbilde i åpen luft synes jeg er nokså meningsløs.

Vi har gått ut fra at spørsmålet som er diskutert her, bare er av akademisk interesse. Hvis løsningen til T.Y hadde vært riktig, kunne dette hatt praktisk betydning. I jetmotorer suges luft inn og komprimeres når den ledes inn i forbrenningskammeret. Foran kompressoren oppstår et undertrykk. Luften som suges inn tas vanligvis inn forfra. Jeg oppfatter resultatet til T.Y. slik at det skulle være energibesparende å suge luften inn bakfra, i alle fall så lenge en holder seg til subsoniske fly. Selv om trykkforskjellen er liten, dreier det seg om betydelige luftmengder som suges inn, og noen få prosent energibesparing er ikke å forakte. Ideen stille gratis til disposisjon for Tor Ytrehus.

Med vennlig hilsen
*Trygve Holtebekk*

## KOMMENTAR Vb TIL LØSNING AV FFVT 3/89

### Forover, bakover eller i ro?

Den punkterte vakuumtanken vil bli liggende i ro (bortsett fra rykket under de ikkestasjonære forhold like etter starten). Grunnen til at tanken blir liggende i ro følger av impulsbevarelse: For at tanken skal bevege seg i en retning må en netto luftmasse bevege seg i motsatt retning med tilsvarende impuls, men dette skjer ikke.

Dette resultatet kan også vises ved konkret beregning. Beregningen i FFV nr. 2 1990 ga et annet resultat fordi trykkfallet rundt åpningen ble neglisjert. La oss ta utgangspunkt i impulsbalansen under stasjonære forhold og med tyngdekraft neglisert:

$$\int_S (\rho u_i\, u_j + p_{ij})\, dS_j = 0. \qquad (1)$$

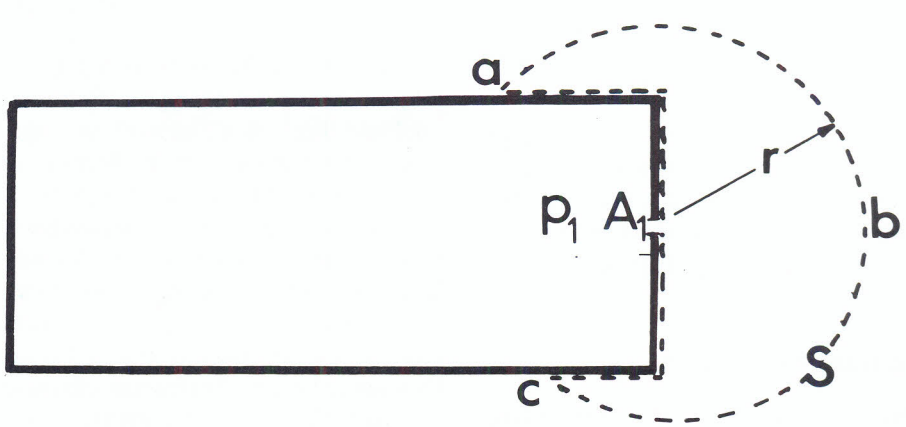
Her er $u_i$ komponent av gasshastigheten **u**, $p_{ij}$ trykktensoren, $\rho$ massetettheten og $S$ en lukket flate. Det summeres over gjentatt indeks.

Legg flata S som vist på figuren. Ved innsuging i tanken kan $u_iu_j$ neglisjeres for store avstander $r$ fra hullet, og herute vil trykket være likevektstrykket, $p_{ij} = p_0\delta_{ij}$. Av dette følger at $\rho u_iu_j + p_{ij}$ i middel også kan erstattes med $p_0\delta_{ij}$ over flatestykket $ac$ langs tankoverflaten for at likning (1) skal oppfylles. Altså vil midlere kraft på tanken være som før det ble hull, og den blir liggende i ro (bortsett fra rykket i den ikkestasjonære fasen). Dette betyr at eventuelt bidrag til framdrift fra $\rho u_iu_j$ i åpningen kompenseres av trykkfall langs tankoverflaten, en kjent effekt for væske i bevegelse. Her kan nevnes at for tilfellet *utstrømning* vil $\rho u_iu_j$ bidra ved posisjon $b$ for da er gasstrømmen rettet bakover som en stråle og oppbremsing av denne av gassen rundt innebærer bare at impulsen overføres til større gassmengder. Dette fører da til framdrift.

Mer eksplisitt kan kreftene bestemmes for ideell gasstrømning når åpningen betraktes som en dyse der tverrsnittet $A$ endres gradvis. Da kan en benytte Bernoulli-likningen differensiert,

$$\rho\, u\, du + dp = 0, \qquad (2)$$

som beskriver trykkendring ved endring av hastighet. Massestrømmen $Q = \rho uA$



er konstant. Netto horisontal kraft på dyseveggen blir derfor

$$F_d = \int_{A_1}^{\infty} (p - p_0) dA$$

$$= (p_0 - p_1)A_1 - \int_{p_1}^{p_0} A \, dp \qquad (3)$$

når delvis integrasjon benyttes. Her er $A_1$ arealet av åpningen og $p_1$ trykket der. Ved å benytte Bernoulli-likningen (2) får en

$$-\int_{p_1}^{p_0} A \, dp = \int_{u_1}^{0} A\rho u \, du =$$

$$-Q \, u_1 = -\rho \, u_1^2 A_1 \qquad (4)$$

D.v.s.

$$F_d = (p_0 - p_1 - \rho u_1^2)A_1 \qquad (5)$$

Med motsatt fortegn er dette presis netto impulsoverføring gjennom åpningen $A_1$ inn til sjølve tanken, dvs. integralet i likning (1) begrenset til arealet $A_1$. Kraften på sjølve tanken er altså $F_t = -F_d$ slik at resulterende kraft på hele systemet blir $F = F_t + F_d = 0$.

Så dersom tank og dyse ble atskilt ved en glidende teleskopkopling, ville tanken få en bevegelse bestemt av $F_t$ ved at dysen beveget seg i motsatt retning pga. reaksjonsskraften $F_d$. Det er altså egentlig det siste problemet som ble løst i FFV nr.2 1990, der trykkfall langs tankoverflate/dyse ble neglisert (bortsett fra en antydning i kommentaren).

Tilslutt kan også bemerkes at $F_t$ vil skifte fortegn ved tilstrekkelig supersonisk innstrømning der dysen utvider seg innover mot tanken etter innsnevring på midten. Dette ville i såfall innebære at tanken trekkes mot dysen istedenfor å skyves fra.

*J.S.Høye*

# Hva skjer

## RONDABLIKKMØTET 1991

Det årlige seminarret i kondenserte fasers fysikk og kjemi vil også i år bli holdt på Rondablikk Høyfjellshotell. Møter finner sted i tiden 20 – 23 september.

## WORKSHOP I PETROLEUMSFYSIKK

– vil bli holdt i Sirdal Høyfjellsenter fra 15 til 18 august. Nærmereopplysninger om disse møtene fåes fra NFS' sekretariat.

## LEDIGE FORSKERSTILLINGER I ESRF

Norge er, som kankje noen vet, i et europeisk samarbeid om oppbygging av et felles synkrotronstrålelaborator ium i Grenoble. Anlegget skal etter planen komme i drift i 1994, og under oppbyggingsfasen er det lyst ledig forskerstillinger innen flere fagfelt. Stillingene er tidsbegrens-et til fem år.

10 av dise skal besettes i løpet av 1991. Til nå foreligger ikke detaljerte opplysninger om hver stilling, men når dette leses kan interesserte henvende seg til **NAVF**. De aktuelle fagområdene er: Teori, Detektorutvikling, bildedannelse, absorbsjonspektroskopi, spredning, pulverdiffraksjon m.fl.

# Nytt fra NFS

### Velkommen til Fysikermøtet 1991 i Trondheim

Fysikermøtet 1991 holdes i universitetssentret på Dragvoll i Trondheim 25.-27. juni. Vi ser frem til møtet og håper på stor deltakelse fra fysikere både fra næringslivet, forskningsinstituttene og undervisningssektoren.

Åpningsforedraget å tirsdag formiddag vil bli holdt av en av våre lokale krefter, nemlig Reidar Sigmond fra NTH som vil snakke om ultrahurtig fotografering av gassutladninger. Deretter presenterer vi en del av foredragene som er påmeldt av møtedeøtakerne.

I år er møtets hovedpresentasjonsområde biofysikk. Tirsdag ettermiddag gir vi derfor biofysikerne anledning til å fortelle om interessante oppdagelser og problemer i denne delen av fysikken. Tore Vänngård fra Chalmers vil gjøre rede for hvordan naturen nyttiggjør seg lysets energi gjennom fotosyntese. Deretter vil de forskjellige forskningsgruppene innen norsk biofysikk presentere seg og orientere om hvilke forskningsoppgaver de er opptatt av.

På tirsdag er siste programpost på Dragvoll møter i faggruppene. Deretter er det imidlertid bespisning, omvisning og sosialt samvær på MARINTEK, som er en av SINTEFs avdelinger for marin teknologi. Hovedattraksjonen er det store havlaboratoriet, som benyttes til modelltesting både av skip og andre marine konstruksjoner.

Onsdag starter med årsmøte i Norsk Fysisk Selskap. Her vil det denne gang bli utdelt ikke bare én, men to priser, nemlig IBMs pris i kondenserte fasers fysikk og SIMRADs pris i elektro-optikk. Dette vil ha som konsekvens at vi får gleden av å høre på to prisforedrag, som holdes etter årsmøtet.

Onsdag ettermiddag vil videre Bjørn Wiik fra DESY holde foredrag om 500 GeV-akseleratoren for $e^+$-$e^-$, og det vil igjen bli sjanse for en del av møtedeltakerne til å berike auditoriet med påmeldte foredrag.

På onsdag holdes også årets festmiddag. Vi har denne gang bestilt omvisning, mat, drikke og musikk på Ringve, hvor vi håper flest mulig vil stille opp med godt humør, god appetitt og kriblende danseben.

Torsdag starter med foredrag av Knut Bønke om alternative energikilder i Norge. Bønke er av utdannelse teknisk fysiker og har størstedelen av sitt liv arbeidet innen svensk og delvis norsk industri. Neste foredragsholder er Hans Skoie fra NAVF, som formodentlig både vil engasjere og provosere oss med sitt foredrag om forskningspolitiske utfordringer i Norge frem til tusenårsskiftet.

De to neste foredragene dreier seg om noen av de problemer og utfordringer vi møter i fysikkundervisningen. Nærmere bestemt vil Hans J. Braathen fra Sandefjord Gymnas snakke om moderne fysikk i videregående skole, mens Bjørnar Pettersen fra Linderud videregående skole i Oslo vil komme med en del betraktninger om den tunge vei fra skolefysikk til universitetsfysikk.

**Torsdagens program gir også plass for møtets siste sesjon med påmeldte foredrag. Som avslutning på møtet har vi holdt av en spesiell godbit, nemlig et foredrag av Kai Bogen fra Micro Design A/S. Det dreier seg her om hovedmannen bak Køfri-brikken, en oppfinnelse som jo både har imponert og provosert mange etter at den ble tatt i bruk i bomstasjonen på E6 i Trondheim og i Oslos bomring.**

Vi anmoder møtedeltakerne om å anmelde foredrag til møtet. Foredragene vil bli holdt i plenum, og vi ber alle (men særlig de yngre) merke seg at hensikten med foredraget er å informere, ikke å imponere. Vi oppfordrer også til anmeldelse av møtebidrag i form av

plakater. Det forutsettes at disse skal stå fremme under hele møtet. Videre ber vi om at bidragsyterne er til stede ved sine plakater i den siste halvtimen av lunsjpausen på onsdag og i kaffepausen samme ettermiddag. Vi må ta forbehold om at en del påmeldte foredrag i stedet må presenteres i form av plakater. Foredragene og plakatene bes om mulig utformet på norsk eller annet skandinavisk språk, mens sammendragene (se påmeldingsskjemaet) skal være på engelsk.

Vi har arrangert innkvartering på Scandic Hotel (i gangavstand fra møtelokalene), Hotel Augustin (i sentrum) og Singsaker Sommerhotell (på nedre Singsaker).

Til slutt ber vi alle merke seg påmeldingsfristen 3. mai, og vi håper å se riktig mange av dere i trivelige Trøndelag til sommeren.

*Arrangementskomiteén*

## Årsmøte 1991

Norsk Fysisk Selskap innkaller herved til årsmøte på Universitetetssenteret på Dragvoll i Trondheim onsdag 26 juni kl. 9.15. Saker som ønskes tatt opp under eventuelt må være innsendt til styret senest 3 uker før møtet.

**SAKLISTE:**

1. Godkjenning av innkalling og sakliste.
2. Referat fra årsmøtet 1990 (se FFV no.3 1980)
3. Årsmelding
4. Norsk Fysikkråd
5. Regnskap for NFS og FFV
6. Budsjett for 1991 og 1992 for NFS og FFV. Kontingenten foreslås hevet til kr. 180 fra 1992
7. Valg:
   a) Visepresident
   b) 1 styremedlem
   c) 2 varamedlem
   d) revisorer
   e) valgkomité
8. Fysikermøtet 1992
9. Eventuelt

*Februar 1991*
*Styret*

## Reisestipend til Fysikermøtet 1991 for lektorer og hovedfagsstudenter

Styret i Norsk Fysisk Selskap har bevilget penger til reisestipend for lektorer og/eller hovedfagsstudenter som ønsker å delta på Fysikermøtet i Trondheim i juni 1991. Maksimum beløp det kan søkes om er minipris med fly. De som mottar stipend slipper også registreringsavgift. Søknad sendes til styret v/Gerd Jarrett, Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller, innen 1. mai 1991.

## Nye medlemmer tatt opp på styremøtet 17. desember 1990:

Stud.Ing. Rune Sundset
Lade alle 39
7041 Trondheim

Student Anne Bruvold
NOBS
Universitetet i Tromsø
9001 Tromsø

Dr.Ing. Sigmund Jarle Andersen
SINTEF
avd. 19
7034 Trondheim-NTH

Student Joar Sæther
Klæbuveien 148
7031 Trondheim

## PROGRAM FOR FYSIKERMØTET 1991

| | Tirsdag 25/6 | Onsdag 26/6 | Torsdag 27/6 |
|---|---|---|---|
| 0915-1000 | Registrering<br>Oppsetting av plakater<br>Kaffe | Årsmøte | K. Bønke: Alternative energikilder i Norge |
| 1000-1015 | Åpning | | Kaffe |
| 1015-1100 | R. Sigmond: Ultrahurtig fotografering av gassutladninger | Ca. kl. 1045: Prisutdelinger | H. Skoie: Forskningspolitiske utfordringer i Norge fram til tusenårsskiftet |
| 1100-1115 | | Kaffe | |
| 1115-1200 | Påmeldte foredrag i plenum | Prisforedrag IBM | H.J. Braathen: Moderne fysikk i videregående skole |
| 1200-1315 | Lunsj | Lunsj Plakater | Lunsj |
| 1315-1400 | T. Vänngård: Fotosyntesen: Hur naturen använder ljusenergien | Prisforedrag SIMRAD | B. Pettersen: Fra skolefysikk til universitetsfysikk |
| 1415-1500 | Presentasjon av norsk biofysikk | B. Wiik: En 500 GeV $e^+$-$e^-$ lineær akselerator | Påmeldte foredrag i plenum |
| 1500-1515 | | Kaffe Plakater | Kaffe |
| 1515-1600 | | Påmeldte foredrag i plenum | K. Bogen: Køfri- et eksempel på industrialisering av norsk teknologi |
| 1600-1615 | Kaffe | 1900-: Omvisning, middag og dans på Ringve | |
| 1615-1700 | Møter i faggruppene | | |
| | 1730-: Bespisning, omvisning og samvær på MARINTEK | | |

# PÅMELDING TIL FYSIKERMØTET I TRONDHEIM 25.-27. JUNI 1991

Navn : ..... Tlf.: .....
Adresse: .....

JEG ØNSKER **INNKVARTERING** FOR ..... voksne og ..... barn for nettene
24-25/6..... 25-26/6..... 26-27/6.....

Alle oppgitte priser er døgnpriser inklusive frokost for én person i enkeltrom eller to personer i dobbeltrom. Merk nedenfor 1. prior. hotell med A og 2. prior. med B. Arrangøren forbeholder seg retten til å innkvartere der det er plass, dersom det ikke blir plass på ønsket sted.

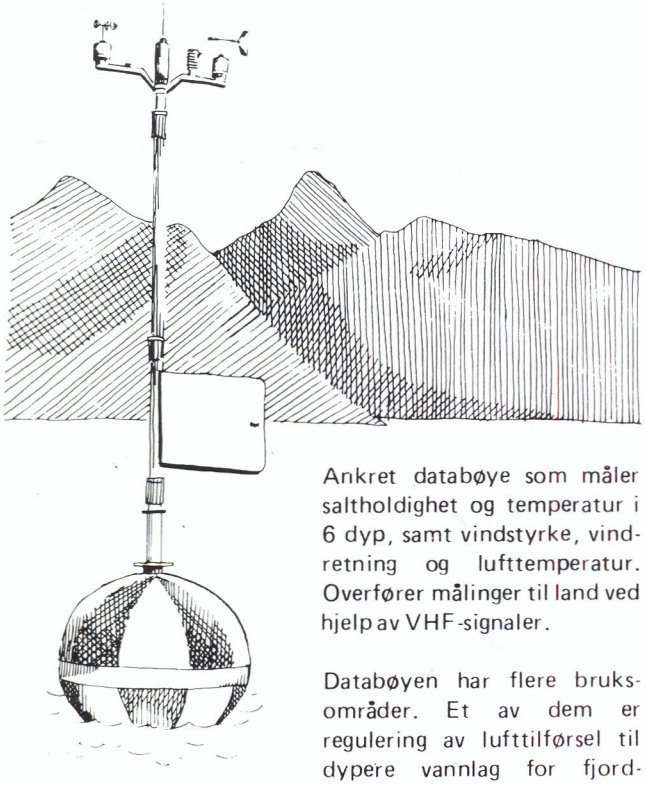
| | | |
|---|---|---|
| Scandic Hotel, Brøsetveien 186 | Enkelt kr. 500 ..... | Dobbelt kr. 665 ..... |
| Hotel Augustin, Kongens gt. 26 | Enkelt kr. 480 ..... | Dobbelt kr. 580 ..... |
| Singsaker Sommerhotell, Rogerts gt. 1 | Enkelt kr. 330 ..... | Dobbelt kr. 500 ..... |

Jeg bestiller ikke rom selv, men skal dele med følgende møtedeltaker som har bestilt for begge: .....
**JEG MELDER PÅ** ..... personer til omvisning etc. på MARINTEK 25/6. Mat og drikke må betales.
**JEG MELDER PÅ** ..... personer til omvisningen og middagen på Ringve onsdag 26/6. Pris ca. kr. 350 pr. person.
JEG ØNSKER Å HOLDE ET **PLENUMSFOREDRAG** PÅ 10 MIN. .....
JEG ØNSKER Å PRESENTERE ET ARBEID I FORM AV **PLAKATER** .....
Plass til plakater: 2 x (0,75 m bredde x 1,00 m høyde)

For foredrag og plakatbidrag må sammendrag på engelsk vedlegges påmeldingen. Sammendraget utformes på følgende måte: Venstre/høyre marg 3,5/2,5 cm, øvre kant 1,5 cm. Minste linjavstand (vertical pitch 6), skrifttype fortrinnsvis Courier 12 pitch. Skrives ut med laserskrift eller annen god skriver. Foredragstittel skrives med store bokstaver og midtstilles. Deretter en åpen linje. På de neste to linjene hhv. forfatternavn og navn på institusjon, begge midtstilt og med små bokstaver. Så en åpen linje før sammendraget, som maksimalt kan være på 23 linjer. Avsnitt markeres med innrykk på 4 bokstavplasser, ingen åpen linje.

**KONFERANSEAVGIFT** ekskl. lunsj: kr. 500 (kr. 600 ved påmelding etter 3. mai). Avgiften betales på møtet.
**PÅMELDING** sendes innen 3. mai til Fysikermøtet 1991, Gruppe for teoretisk fysikk, NTH, 7034 Trondheim.
**FOR NÆRMERE OPPLYSNINGER** ring Ingrid Sletbak, tlf. 07-593646, eller Arne Reitan, tlf. 07-591864.

# FJORDOVERVÅKNING



Ankret databøye som måler saltholdighet og temperatur i 6 dyp, samt vindstyrke, vindretning og lufttemperatur. Overfører målinger til land ved hjelp av VHF-signaler.

Databøyen har flere bruksområder. Et av dem er regulering av lufttilførsel til dypere vannlag for fjordforbedring.

MADE BY

**AANDERAA INSTRUMENTS**

Fanaveien 13B
5050 Bergen, Norway
Tlf. (05) 13 25 00.Telex 40049



## Norsk Fysisk Selskap

### STYRE

**President:**
**Professor Thormod Henriksen,**
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

**Visepresident:**
**Førsteamanuensis Johan Stadsnes,**
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

**Styremedlemmer:**
**Førsteamanuensis Egil Leer,**
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.
**Professor Haakon A. Olsen,**
Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim/AVH.
**Amanuensis Marianne Foss,**
Institutt for Matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.

**Selskapets sekretær:**
**Gerd Jarrett,**
Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.
Tlf.:(06) 80 60 75
Fax.:(06) 81 09 20
Postgirokonto: 5 88 38 89.
Bankgirokonto: 5102.09.58344.

### Fra Fysikkens Verden

**Redaktører:**
**Førsteamanuensis Øivin Holter,**
**Førsteamanuensis Finn Ingebretsen,**
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

**Redaksjonskomité:**
**Førsteamanuensis Noralv Bjørnå,**
Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.
**Professor Anne Grete Frodesen,**
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.
**Lektor Ingerid Hiis Helstrup,**
Langhaugen skole, Bergen.
**Professor Per Chr. Hemmer,**
Fysisk institutt, NTH, Universitetet i Trondheim.
**Førsteamanuensis Egil Leer,**
Astrofysisk institutt, Universitetet i Oslo.

**Ekspedisjonens adresse:**
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern,
0316 Oslo 3.
Tlf.:(02) 45 64 28
Fax.:(02) 45 64 22
Fra Fysikkens Verden utkommer fire ganger årlig. Abonnement kan tegnes direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 90,-. Studenter og skoleelever kr.45,-. Løssalg kr. 30.- pr. nummer.

Postgirokonto: 0807 5 10 47 24
Bankgirokonto: 6094.05.40227