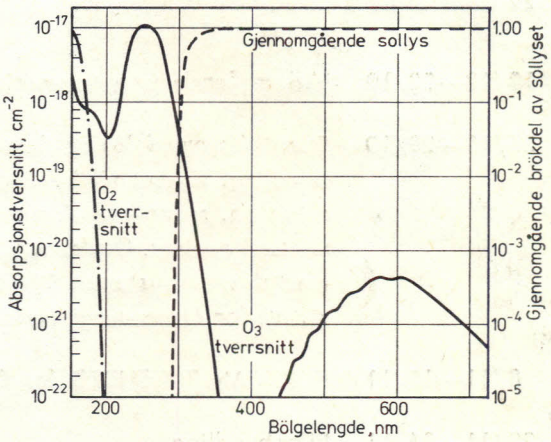
# Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD


| | |
|---|---|
| Årsmelding for NFS 1975/76 | 49 |
| Nye medlemmer | 50 |
| Fra leserne | 50 |
| Kurs i renormaliseringsgruppeteori | 50 |
| STEP — Et lærerutdanningsprosjekt | 51 |
| Årsmøte i NSF 1976 | 53 |
| Fysikermøtet 1976 | 56 |
| Store forskningsprosjekt i små miljøer | 63 |
| «Fossile» kjernereaktorer i Gabon | 66 |
| Bøker | 62, 65 |


*Fra professor E. Hesstvedts foredrag om: Ozonlaget i går, i dag og i morgen. Absorpsjonstverrsnitt vs. brøkdel av sollyset som kommer gjennom atmosfæren. Se referat fra Fysikermøtet 1976, side 56.*

Nr. 3 - 1976
38. årgang

# DEN NEDERLANDSK-NORSKE REAKTORSKOLEN

**Institutt for Atomenergi, Kjeller**

**KURS I DATABEHANDLING HØSTEN 1976**

Kursene i databehandling omfatter både generelle kurs og spesielle kurs i bruk av Control Data CYBER-74 ved Regneanlegget Blindern — Kjeller (RBK)

| | |
|---|---|
| 18/10—22/10 | Videregående programmeringsmetodikk i FORTRAN |
| 25/10—29/10 | **Sanntidsanvendelse av datamaskiner i prosesstyring og databehandling.** Kurset vil behandle reguleringsteori, prosesskommunikasjon, mann—maskin kommunikasjon. Det vil bli lagt stor vekt på øvelser. Øvelsene vil foregå på en NORD-10 datamaskin med operativsystemet SINTRAN III. Kurset vil bli holdt ved Institutt for Atomenergi, Halden. |
| 8/11—12/11 | FORTRAN EKTENDED for CYBER-74 |
| 22/11—26/11 | Filbehandling |
| 29/11—30/11 | INTERCOM |
| 1/12— 2/12 | UPDATE |

**Nærmere opplysninger og søknadsskjemaer fås ved henvendelse til**
**Kurssekretær Gerd Jarrett**
**Den nederlansk-norske reaktorskolen**
**Institutt for Atomenergi**
**Boks 40, 2007 Kjeller**
**Telefon (02) 71 25 60**

# Fra Fysikkens Verden

## Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 3 - 1976

38. årgang

Redaktør: HAAKON OLSEN
Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

## Årsmelding for Norsk Fysisk Selskap 1975 — 1976

Denne meldinga omfattar tida mellom årsmøta 1975 og 1976. Styret har vore:

Forskningssjef Tormod Riste (formann)
Professor Arnfinn Graue (nestformann)
Amanuensis Ove Bratteng
Dosent Thormod Henriksen
Dosent Ivar Svare

Det har vore halde tre vanlege styremøte og eitt i samband med årsmøtet. Medlemstalet pr. 31/5 er 607 personlege og 10 kollektive medlemmer. Av dei personlege medlemmene er det tre studentmedlemmer.

Norsk Fysisk Selskap står som utgjevar av tidsskriftet «Fra Fysikkens Verden» som kjem ut fire gonger i året med eit opplag på 1600. Professor Haakon Olsen er redaktør og laboratorieingeniør Halvard Torgersen er redaksjonssekretær.

Rekneskapen for 1975 (tidsskriftet ikkje medrekna) viser eit overskot på kr. 7.092.32, tidsskriftet har eit underskot på kr. 5.669.43. Årskontingenten er kr. 50, studentmedlemmer betaler kr. 25. Tilskotet frå kollektive medlemmer var kr. 6.500. Desse er no kollektive medlemmer:

ASEA Per Kure A/S
Det Norske Veritas (ny i 1976)
A/S Elektrisk Bureau
Elkem-Spigerverket A/S
A/S Hafslund
A/S Norsk Elektrisk & Brown Boveri
A/S Norcem
Norsk Hydro A/S
Siemens A/S
Aanderaa Instruments

Fysikarmøtet 1975 vart halde ved Universitetet i Bergen 18. – 20. juni med 100 deltakarar. Lista over inviterte foredrag var:

V. Canuto (NASA): Cosmology Today
J. M. Hansteen (Univ. i Bergen): Current Ideas on Ion-Atom Collisions
C. Jarlskog (CERN): New Developments in Particle Physics and Unifications of Weak and Electromagnetic Forces
B. R. Mottelson (NORDITA): What can high angular momentum do to a nucleus?
B. N. Mæhlum (FFI): Problemstillinger og eksperimentelle metoder innen kosmisk geofysikk anno 1975
C. C. Ting (MIT): Search for New Particle

K. Gjøtterud og A. Omholt innleidde til ein diskusjon om forskaretikk med tittelen: «Forskning/teknologi-spiralen, hvor lenge skal fysikere henge med?» Det var elles 30 faglege foredrag i parallelle sesjonar. Den 18. juni var det ekskursjon til Rafinor på Mongstad og 19. juni var det fest i restaurant Fløien.

Årsmøtet som vart halde 19. juni er referert i «Fra Fysikkens Verden» *37* (1975) 50.

Formannen har representert Norsk Fysisk Selskap på rådsmøta i European Physical Society i Bukarest 8. september 1975 og i Leipzig 7. – 8. april 1976, og i Nordiska Fysikeres Samarbeidsutvalg 1. oktober 1975.

Styret har vore representert ved møte i Oslo og København om skandinavisk samling om tidsskriftet «Physica Scripta» og nedlegging av «Physica Norvegica». Det er inngått ein avtale 6. april 1976 om utgjeving av Physica Scripta som felles nordisk tidsskrift frå 1. januar 1977. Frå norsk side er avtalen underskriven av Det Norske Videnskaps-Akademi og Norsk Fysisk Selskap. Avtalen gjev ingen økonomiske bindingar for selskapet. Dei norske avtalepartane nominerer saman dei norske medlemmene til forstandarskapet ( board of trustees) for tidsskriftet.

Styret utgjer saman med professor. S. Westin Den norske nasjonalkomitéen for IUPAP. Som utsending til generalkonferansen i München 24.–27. september 1975 møtte S. Westin.

NAVF gav pengestønad til deltaking ved dei nemnde møta i Bukarest og München. Kyrkje- og Undervisningsdepartementet har løyvt kr. 4.000 til deltaking i EPS sin rådgjevande komité i undervisning. K. J. Knutsen møtte ved det første ordinære møtet i Leipzig 6. april 1976

Styret har løyvt pengar til møte som er arrangerte av dei faglege gruppene i akustikk, partikkelfysikk, biofysikk og kjernefysikk. Gruppene legg fram eigne meldingar på årsmøtet.

Styret og sekretariatet har ved fleire høve formidla kontakt og opplysningar mellom selskap, institusjonar og personar i inn- og utland.

---

*Nye medlemmer tatt opp juni 1976:*

Cand.real. K. Bjørnå, Universitetet i Tromsø, Tromsø.

Cand.real. J. Bønes, Universitetet i Tromsø, Tromsø.

Siviling. K Olaussen, MIT, Cambridge, Mass., USA.

Rektor G. Solvang, Nordreisa Videregående Skole, Storslett.

Siviling. J. Å. Stensen, Institutt for eksperimentalfysikk, Trondheim–NTH.

*Studentmedlem:* Hovedfagstudent R. Gundersen, Fysisk Institutt, Universitet i Bergen.

---

# Fra leserne

Til

*Machs prinsipp i generell relativitetsteori*

Cand.real. Yngvar Hartvigsen har i «Fra Fysikkens Verden» nr. 2 en interessant artikkel om ovenstående.

Den begynner med en beskrivelse av eksempelet med den roterende vannbøtte, som har interessert så mange fysikere, fra Newton til Mach og Einstein.

Kort rekapitulert, vannoverflaten i en roterende vannbøtte har en konkav overflate, men hva roterer bøtten i forhold til? «Det absolutte rom» sa Newton, «De fjerne stjerner» sa Mach, og som en «første tilnærmelse» ble det siste brukt av Einstein.

For å tenke over problemet, vil det være nyttig å se på hvordan rotasjonen oppsto. På den enkleste måte, to legemer møtes i et eksentrisk støt (etter Newtons tredje lov må der minst være to), og roterer derefter begge. Så fjerner de seg fra hverandre, om man vil, men de roterer dog i forhold til *hverandre,* (eller man kan si i forhold til det felles dreiningssenter) og det absolutte rom og de fjerne stjerner er overflødige, for akkurat dette «Gedankenexperiment».

*R. Schjødt*

---

Nordisk konferanse om termoluminiscens-datering og andre arkæometriske metoder, i Uppsala 25.-26. nov. 1976.

Det gis en rekke foredrag om dateringsmetoder, og mulighetene for et nordisk samarbeid om termoluminiscens-datering vil bli diskutert. Innlegg som ønskes annonsert i programmet, anmeldes innen 15. oktober. Representanter for Nordisk Kulturfond og nordiske forskningsråd deltar.

Nærmere om innkvartering, program samt påmeldingsskjema fås hos: Professor Ingrid U. Olsson, Fysiska institusjonen, Box 530, S-751 21 Uppsala, evt. tlf. Sverige 018/13 94 60.

*H. T.*

---

RETTELSER:

I minne-artikkelen om professor Bjørn Trumpy (s. 25) er årstall for hans død satt 1975. Det skal være 1974.

I bokanmeldelsene på side 47-48 er fallt ut navnet: Olav Steinsvoll, som anmelder av boken D. J. Clark (ed.): Magnetic Oxides.

Vi beklager feilene.

*H. T.*

---

KURS I RENORMALISERINGSGUPPETEORI

17. – 26. juni 1976 ble det i Trondheim holdt et kurs i renormaliseringsgruppe-metoder i fysikken. Initiativtaker til kurset var professor P. C. Hemmer, og det ble støttet økonomisk av NORDITA, NAVF og NTH. Det hadde lykkes å få tak i mange av de fremste forskere innen feltet som forelsere, og de ca. 100 deltakerne fikk oppleve en rekke gode og interessante foredrag.

Kurset var delt i en 6-dagers sommerskole og et 3-dagers symposium (sp).

Idéen bak renormaliseringsgruppeteorien (RNG) stammer fra 1950-årenes kvantefelt-te-

(*forts. side 72*)

# STEP — Et lærerutdanningsprosjekt

***Jacob Bøe***

Alle forsøk på reformvirksomhet i skolen avslører raskt det mange har vært klar over før, nemlig at «skolen er det læreren gjør den til». – Hvis ikke læreren får anledning til og er villig til å fornye seg, faglig og pedagogisk, så vil de fleste bestemmelser om forandringer bare bli papirbestemmelser.

De mange nye naturfag-prosjekter som har vært prøvd i innland og utland i de senere år har også tydelig vist at et vellykket resultat avhenger av en positiv lærerholdning på den ene side, og muligheter for faglig-pedagogisk kvalifisering av lærerne på den annen. – På mange måter har utviklingen i skolen ført til at universitetenes lærerutdanning er kommmet i utakt med skolens behov. Når det gjelder naturfagene føles dette kanskje sterkest i forbindelse med ønsket om en bedre koordinering av enkelt-fagene i skolen.

På denne bakgrunn må alle tiltak for å styrke og modernisere lærerutdanningen hilses med glede. Ett tiltak som ser ut til å være av særlig interesse er det britiske som går under navnet STEP – *Science Teacher Education Project.* – Det står mange institusjoner og personer bak. Nuffield Foundation har, sammen med en rekke universiteter og college, finansiert prosjektet.

Det startet i 1970 med innsamling av forslag og idéer, utarbeiding av korte «curriculum units» og «resourse materials». Det ble lagt særlig vekt på å trekke inn i arbeidet personer med erfaringer fra praktisk lærerutdanning, f.eks. øvingslærere («supervisors»). – Etter en førstegangsutprøving i mindre målestokk ble undervisningsopplegget tilrettelagt for en større utprøving i 1971–72. Prosjektet ble avsluttet sommeren 1973. Som et synlig resultat av virksomheten foreligger en rekke publikasjoner gjennom forlaget Mc.Graw-Hill, London. For alle som arbeider med utdanning av naturfaglærere er disse som en «gullgruve» som det er all grunn til å glede seg over. Også for naturfaglærere i grunnskolen så vel som i den videregående skolen, som søker å skaffe seg faglig-pedagogisk fornyelse og etterutdanning, er det her store muligheter for hensiktsmessige studieopplegg.

Det britiske lærer-utdanningssystem er noe forskjellig fra det norske. Det skulle likevel ikke være noe problem forbundet med å anvende materiellet ved de pedagogiske seminarer og de pedagogiske høgskoler. En spesiell fordel ligger i at STEP ikke utgjør et rigid opplegg, men nærmest må betraktes som en idé-bank til støtte ved ethvert utdanningssystem.

Det skal her gjøres kort greie for opplegget slik det foreligger i 8 forskjellige større og mindre publikasjoner:

1. *Innovation in Teacher Education,* beskriver selve prosjektet, grunnlaget for det, og utviklingen av det. Vi får også en beskrivelse av det undervisningsmateriellet som er utarbeidet og en drøfting av bruken av det. (109 sider, ca. kr. 58)

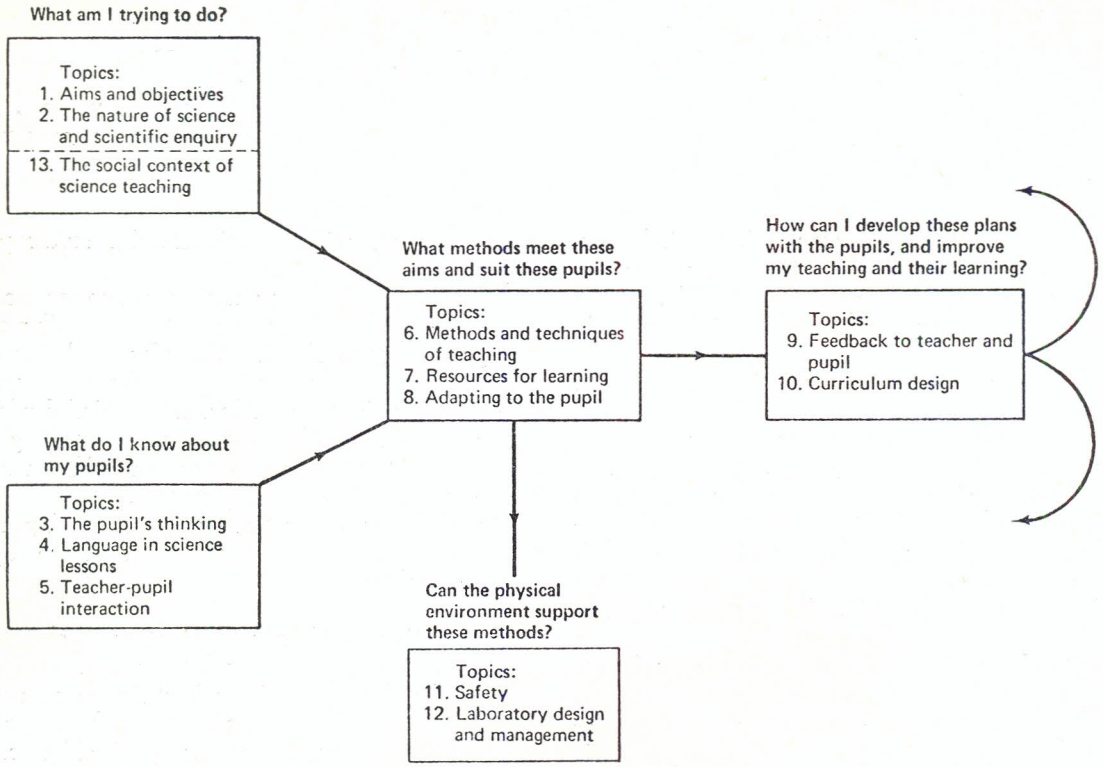
II. *Activities and Experiences,* utgjør den sentrale del av opplegget. I en solid ringperm er samlet informasjoner og kommentarer, beskrivelse av 97 forskjellige aktiviteter, «master copies» av «data sheets, worksheets» etc. De forskjellige enheter er samlet under 13 hovedemner («topics»):

1. Aims and Objectives
2. The Nature of Science and Scientific Inquiry
3. The Pupils Thinking
4. Language in Science Lessons
5. Teacher-Pupil Interaction
6. Methods and Techniqes
7. Resources for Learning
8. Adapting to the Pupil
9. Feedback to Teacher and Pupil
10. Curriculum Design
11. Safety
12. Laboratory Design and Management
13. The Social Context of Science Teaching

For de sidene som inneholder data og arbeidsoppgaver for studentene, gis det tillatelse for en utdanningsinstitusjon til å kopiere sidene. Dette kan være meget fordelaktig, ikke minst pga. at hele boka koster rundt 200 kr.

Enhetene er forholdsvis korte og beregnet på 1-2 timers arbeid. Det er utarbeidet en nøye

* Cand.real. Jacob Bøe er inspektør ved Pedagogisk Seminar, Universitetet i Trondheim, NLHT.




beskrivelse av mål for arbeidet, kildemateriale, spesielle aktiviteter og metoder etc. Forholdene skulle således ligge vel tilrette for den som skal lede undervisningen enten det gjelder metodikklektorer i vårt land eller «the tutors» i England.

III. *The Art of the Science Teacher* kan betraktes som en lærebok omkring de samme hovedemner som i II, her samlet uner 6 hovedavsnitt:

- About purposes (1 og 2)
- About relationships and communication between teachers and pupils (3, 4 og 5)
- About a range of teaching methods (6, 7 og 8)
- About the design of improvement of lessons and courses (9 og 10)
- Management problems (11 og 12)
- Pressures and constraints from outside (13)

(163 sider, ca. kr. 82)

IV. *Readings in Science Education* inneholder en samling klipp fra artikler og bøker om de samme emner som er nevnt under II og III. En rekke kjente pedagoger, psykologer, naturvitenskapsmenn og skolefolk er representert. – Denne boka må nærmest kunne karakteriseres som utfyllende lesning.

(132 sider, ca. kr. 54)

V. *Through the Eyes of the Pupil* er en samling undervisningssituasjoner som er beskrevet sammen med elevenes reaksjoner på disse. Boka er ment som en hjelp for de vordende lærere til å sette seg ned på elevenes nivå og lære hvordan elevene tenker.

(77 sider, ca. kr. 83)

VI. *Meadowbank School* tar for seg en rekke aktuelle oppgaver og problemer som lærere ofte møter i skolen. Gjennom såkalte «case studies» får studentene anledning til å gjøre seg opp en mening om hvordan disse best kan takles.

(80 sider, ca. kr. 83)

VII. *Film Review* gir en oversikt over tilgjengelige filmer og videobånd som kan nyttes i utdanningen av naturfaglærere, mer eller mindre knyttet til opplegget i II. Innholdet i filmer og opptak er beskrevet, og det er satt opp en oversikt over hvilke sammenhenger disse kan passe inn i.

(101 sider, ca. kr. 22)

VIII. *Theory into Practice* er den sentrale boka for lærerstudentene og deres veiledere i skolen og karakteriseres som «sourcebook». Den skal gi hjelp til å få istand en hensiktsmessig og meningsfylt praksisundervisning i skolen.

(Nytt opplag under trykking)

Det presiseres at STEP er et fagpedagogisk prosjekt, med andre ord: fagutdanningen må finne sted *før,* eventuelt *samtidig* med opplegget.

En viktig side ved STEP er at man legger liten vekt på forelesninger for store grupper. Studentenes arbeid skal foregå i mindre grupper med stor vekt på egenaktivitet og selvstendighet. – Dette skulle tilsi at opplegget også passer godt for grupper av lærere som kan tenke seg videre studier i fagdidaktikk. For disse anbefales å starte med bok III. «Ferdige» lærere som søker etter forslag til forskjellige elevaktiviteter til sine klasser vil nok bli skuffet. Det er en skolering av læreren selv det er tale om. Her er noen eksempler på emner man kan prøve seg på:

- Hvordan kan man nytte naturvitenskapens språk slik at elevene oppfatter meningen og selv lærer språket?
- Hvordan kan man best utnytte de forskjellige undervisningsmetoder i naturfagene?
- Hvordan skal man best planlegge en ekskursjon?
- Hvordan skal man oppnå en bedre koordinering av de enkelte naturfagene?
- Hvordan bør man utstyre naturfagrommene?

Ovenfor er gjengitt en skjematisk oversikt over den arbeidsplan som anbefales studentene når de skal gå igang med et undervisningsopplegg i skolen. – Når en begynner å studere prosjektet merker en snart at det er sterkt elevsentrert. Lærerstudentenes undervisning skal først og fremst ses i sammenheng med elevenes læring.

Fra én side sett betyr STEP ikke noe nytt. De fleste problemer som blir tatt opp er velkjente fra det som i Norge går under navnet fagdidaktikk. På den annen side er det første gang det har funnet sted en så systematisk og grundig gjennomarbeiding av problemene omkring utdanning av naturfaglærere og også første gang vi er blitt tilbudt et så fint tilrettelagt undervisningsmateriale.

## Årsmøtet 1976 i NSF

Norsk Fysisk Selskap hadde årsmøte i Tromsø 29/6 1976 kl. 10.15. 39 medlemmer var tilstede. Formannen, T. Riste ønsket velkommen til møtet. Det var ingen bemerkninger til innkallelsen eller til saklisten. Referent G. Jarrett.

*Sakliste*

1. Referat fra årsmøtet 1975 (se FFV nr. 3, 1975)
2. Årsmelding
3. a) Rapport fra de faglige utvalg
   b) Utvidelse av den faglige rammen for gruppen for reaktorfysikk ved dannelse av Gruppe for datafysikk (computational physics)
4. Rapport fra Norsk Fysikkråd
5. European Physical Society (formannen orienterer)
6. International Union of Pure and Applied Physics
7. Fra Fysikkens Verden, redaksjon fra 1/1 1977
8. Regnskap for 1975 for NFS og FFV
9. Budsjett for 1976 og 1977 for NFS og FFV
10. Physica Scripta
11. Valg
    a) styre i NFS
    b) revisorer og valgkomité NFS
    c) Norsk Fysikkråd
12. Fysikermøtet 1977
13. Eventuelt

Pkt. 1. Referatet fra 1975 ble godkjent uten kommentarer.

Pkt. 2. Formannen la frem årsmeldingen som ble godkjent uten kommentarer.

Pkt. 3a):

*Fysikk og miljø.* Styre: Th. Henriksen, H. Olsen, L. Owren, formann, A. Sandås. Det var ikke innkommet noen skriftlig rapport. Henriksen fortalte at det hadde vært liten aktivitet. Det planlegges en serie med artikler i Fra Fysikkens Verden, likeså planlegges det å holde et felles møte med gruppen for biofysikk.

*Faste stoffers fysikk.* Styre: L. Halbo, B. Nøst, B. Slagsvold. Det var kommet en kort rapport fra avgående formann A. Nordbotten. Gruppen har 136 medlemmer fordelt over et stort interesseområde. Det har vært liten aktivitet i inneværende år.

*Plasma- og Gassutladningsfysikk:* Styre: K. B. Dysthe, form., M. Espedal, T. Hagfors, M. Mentzoni. Det var ikke kommet noen rapport, men Leer fortalte at det meste av arbeidet gikk med til å arrangere det årlige symposium, og at man gjennom det holder kontakten med andre land. Det er vanligvis et arbeidsmøte både før

og etter dette symposium. Han mente styret burde sende en skriftlig rapport.

*Partikkelfysikk:* Styre: E. Lillestøl, form., V. Bakken, K. Mork. Fra tidligere formann, J. Løvseth, var det kommet følgende rapport:

«Under «Fourth Nordic Elementary Particle Physics Meeting», Spåtind 6.–9. januar 1976, ble det innkalt til et møte blant de tilstedeværende av gruppens medlemmer. Ca. 20 personer kom til møtet, hvor følgende saker ble diskutert:

1) Den finansielle situasjon. Per Nyborg, medlem av NAVF, orienterte.

2) Samarbeidsformer mellom de norske gruppene i partikkelfysikk. Mange har etterlyst et forum hvor gruppene kunne diskutere saker av felles interesse. Man har spesielt følt behov for dette etter at NAVF oppløste CERN-komitéen. Det ble bl.a. foreslått å sette av en dag hvert år i tilknytning til Fysikermøtet for et slikt formål. Det nye styret for gruppen (se nedenfor) ble pålagt å arbeide videre med denne saken.

3) Eventuell norsk utnyttelse av PETRA (DESY elektron-positron lagringsringer, 30–40 GeV, cm). De fleste mente det var ønskelig å konsentrere den norske virksomheten om CERN-baserte prosjekter. Det var imidlertid enighet om at gruppene i Bergen og Oslo burde diskutere denne saken videre, ut fra de opplysninger Bjørn Wiik la fram i et foredrag på Spåtind, og at minst en norsk representant burde være tilstede på det kommende møte ved Frascati.

4) Neste Spåtindmøte. Finnene har med visse forbehold erklært seg villige til å stå som hovedarrangør for et nytt Spåtindmøte i 1978. Hvis finnene skulle trekke seg, var det enighet om at styret i NFS's partikkelfysikkgruppe skulle overta ansvaret for arrangementet.

5) Valg av nytt styre i gruppen. Av det sittende styre (J. Løvseth, Trondheim formann, A. G. Frodesen, Oslo, P. Nyborg, Ås og E. Lillestøl, Bergen) ønsker de 3 første å trekke seg. Nyborg mente dessuten at det ikke lenger var noen grunn for at Ås skulle være representert i styret.

Det ble deretter enighet om følgende forslag til nytt styre: V. Bakken, Oslo; E. Lillestøl, Bergen; K. Mork, Trondheim.

De foreslåtte har alle erklært seg villige. Hvis andre medlemmer av Partikkelfysikkgruppen har avvikende forslag til nytt styre, må dette gjøres kjent for J. Løvseth innen 15. februar, og det vil da bli arrangert skriftlig valg. Hvis så ikke skjer anses de foreslåtte som valgt.»

*Lavenergi kjernefysikk:* Styre: T. Engeland, form., A. Graue, P.O. Tjøm, A. C. Pappas. Engeland hadde sendt følgende rapport:

«På Fysikermøtet i Bergen i 1975 vedtok faggruppen for kjernefysikk i Norsk Fysisk Selskap å arrangere en konferanse vinteren 1975-76. Følgende arrangementskomité ble nedsatt: T. Engeland (formann), J. Rekstad og G. Løvhøiden. Som følge av dette initiativ ble det i dagene 21. – 24. april 1976 avholdt et kjernefysikksymposium på Finse med i alt 43 deltagere (inkl. familiemedlemmer) fra hele Skandinavia. Til møtet var det invitert 4 gjesteforelesere, 2 fra Finnland, 1 fra Sverige og 1 fra Danmark. Hovedtema for møtet var forskning med små og middelstore cyclotroner som er særlig aktuelt i forbindelse med anskaffelse av den nye cyclotronen ved Universitetet i Oslo. Dessuten ble det holdt foredrag og diskutert den senere tids utvikling innenfor tungione-fysikk.

Møtet ble i alle deler vellykket, men kunne på grunn av lokalitetene bare samle et begrenset antall deltagere. Ikke minst fra de utenlandske deltagere ble det understreket nytten og behovet for en utvidet ramme for slike skandinaviske møter, som burde komme med regelmessige mellomrom. Professor Ingmar Bergstrøm (AFI, Stockholm) påtok seg på vegne av møtedeltagerne å sende en søknad til Den Nordiske Akselerator-komitéen om å stå for et mer permanent arrangement av framtidige konferanser innenfor dette fagområdet.»

*Optikk, Atom- og Molekylærfysikk m/spektroskopi.* Styre: T. Jæger, form., O. J. Løkberg, A. Lofthus, O. Harang. Ingen rapport.

*Akustikk.* Styre: W Løchstøer, form., G. Flottorp, M. Kringlebotn. Ingen rapport, men styret har vanligvis god kontakt med denne gruppen, som hvert år arrangerer et fellesmøte med Norsk Akustisk Selskap (siste møte høsten 1975).

*Biofysikk.* Styre: O. Kaalhus, form., J. Moan, J. B. Melö, A. R. Dahler, K. B. Eik-Nes. Ingen rapport, men T. Henriksen fortalte at de planlegger et fellesmøte med gruppen for Fysikk og Miljø.

*Generell teoretisk fysikk.* Styre: P. C. Hemmer, form., M. Kolsrud, S. Skavlem. Ingen rapport, men gruppen har nettopp arrangert en sommerskole i Trondheim. Hiiis-Hauge mente at denne gruppen også burde deles opp i seksjoner.

*Undervisning.* Styre: G. André, form., A. Halsteinslid, G. Kvifte. G. Kvifte avla følgende rapport:

«I løpet av siste år er det gjort forsøk på å etablere kontakt med forskjellige undervisningsorganisasjoner og -institusjoner som Forsøksrådet for gymnaset, Råd for videregående opplæring (RVO), Grunnskolerådet o.fl., Responsen har foreløpig vært dårlig.

Videre er det søkt kontakt med Norsk Lektorlag via fagseksjon i fysikk/kjemi for å prøve å få i stand et seminar om undervisningsspørsmål i fysikk. Norsk Lektorlag har som kjent stor aktivitet og en del penger til faglige formål. Håpet var å få i stand noe høsten 1976. Dette har ikke lykkes, bla. av økonomiske årsaker.

Videre har utvalget diskutert å utgi et skrift om norsk fysikk, noe à la det som er kommet for matematikken. Økonomisk ser det ut til å gå, i og med at Tapir har sagt seg villig til å forestå utvigelsen uten økonomiske forpliktelser for NFS. Dog gjenstår det viktigste – å skaffe folk som er villige til å bidra med fornuftige artikler uten vederlag for arbeidet. Saken må også diskuteres med styret i NFS. En siste ting som bør nevnes, er initiativet fra lærere ved Ugla skole i Trondheim vedrørende stiftelse av en eventuell Norsk forening for realfagsundervisning. Primus motor er lektor Bernt Hauge, som først innkalte til et møte om saken i mai 1975, da det ble nedsatt et utvalg til å vurdere om det var behov for eller hensiktsmessig å opprette en slik forening. Våren 1976 ble det så sendt ut innbydelse fra dette utvalget til 65 instanser om et seminar tenkt avholdt høsten 1976 i Trondheim. Hensikten er fortsatt å drøfte en eventuell stiftelse av en Realfagsforening eller i alle fall et samarbeid om undervisningsspørsmål mellom eksisterende organisasjoner. Responsen har hittil vært svak, og det er vel et spørsmål om det foreløpig kommer til å skje så mye mere i denne saken.»

*Geofysikk og ionesfærefysikk.* Styre: O. Egeland, form., A. Brekke, O. Dahl, F. Søraas, S. Ullaland, B Mæhlum. Ingen rapport.

b) Avgående styre i gruppen for reaktorfysikk hadde foreslått å utvide den faglige rammen for gruppen ved dannelse av Gruppe for datafysikk. Forslaget ble vedtatt og følgende ble utnevnt til interimstyre: G. Fladmark, F. Ingebretsen, J. Trulsen, T. F. Thorsteinsen.

Pkt. 4

O. Bratteng refererte fra virksomheten i Norsk Fysikkråd. Dette er gjengitt i rådets årsmelding og referat fra rådets årsmøte.

Pkt. 5

Formannen redegjorde for virksomheten i European Physical Society. Som nordisk styremedlem hadde han deltatt i 2 rådsmøter, ett i Bukarest og ett i Leipzig. Prof. Ursu fra Romania er valgt til ny president. Økonomien har bedret seg de siste årene og man regner å være gjeldfri i slutten av 1977. De faglige gruppene kan nå få overført en del penger og aktiviteten i gruppene er god. Den rådgivende komité for konferanser mottar gjennomsnittlig 20 søknader om godkjenning av konferanser pr. halvår. Sammendrag av foredragene publiseres i European Conference Abstracts som kan abonneres på gjennom EPS' sekretariat.

Den rådgivende komité for undervisning gir ut European Educational News. K. J. Knutsen er nordisk representant til denne komitéen. KUD har bevilget kr. 4000 til deltaging for ham i komitéens møter. Komitéens første mål er å få laget en oversikt over pensum i fysikk i de høyere skoler i Europa. På neste møte vil de ta opp lærerutdanningen.

– Det er foreslått at EPS skal være en slags opplysnings- og samlesentral for stipendier og utveksling innen fysikk i Europa. Det er også forslått en «reisende foreleser» ordning, hvor EPS gir støtte til 1 eller 2 gode forelesere i året som en kan «abonnere» på.

Hewlett Packard-prisen i faste stoffers fysikk på Svfr. 20.000 gikk i år til prof. Helfrich i Berlin. Man venter at noen andre store firmaer vil følge etter med lignende priser.

Pkt. 6

Den norske nasjonalkomité i IUPAP består av Westin og styret i NFS. Videnskapsakademiet betaler Norges kontingent. Wergeland er en av visepresidentene men det er ellers dårlig norsk representasjon i IUPAP. Først ifjor fikk vi penger slik at Westin kunne møte til generalforsamlingen i München. Formannen refererte et utdrag av Westins fyldige rapport, hvor han bl.a. fremhevet at det var viktig å møte på fremtidige generalforsamlinger for å sikre en større norsk representasjon i IUPAP's komitéer.

Pkt. 7

Fra Haakon Olsen har styret mottatt brev hvor han ber seg fritatt som redaktør i Fra Fysikkens Verden fra 1/1 1977. Styret har utnevnt Olav Steinsvoll som ny redaktør fra samme dato. Styret vil på neste styremøte ta

opp eventuell utskifting i redaksjonskomitéen. Formannen takket Haakon Olsen for det store arbeid han hadde gjort som redaktør for FFV fra 1962, og sa han ville bli utførligere takket ved en senere anledning (på jubileumsfesten).

Pkt. 8

Regnskapet for NFS for 1975 ble godkjent uten kommentarer. Regnskapet for 1975 for FFV viste et underskudd på kr. 5.669.43. Redaktøren forklarte dette ved stigende trykningsutgifter. Billigere trykningsformer har vært undersøkt, uten å finne noe som var særlig billigere. Redaktøren opplyste at det nå var lettere å få stoff til FFV. Innholdet er lagt opp «halvpopulært», selv om en del skolefolk synes det er vel videnskapelig. En skandinavisk utgave av FFV som det har vært snakket om tidligere er det ikke så stor interesse for nå som før, men den nye redaktøren vil ta direkte kontakt med de respektive land senere. – Regnskapet ble godkjent.

Pkt. 9

Etter en del diskusjon ble det vedtatt å øke budsjettene for NFS og FFV for 1976 med kr. 5.000 ved å overføre oppspart kapital fra NFS til FFV. På utgiftssiden vil FFV's budsjett øke med kr. 3.000 til trykningsutgifter, kr. 1.500 til lønn, og kr 500 til distribusjon.

Når det gjaldt 1977 fikk styret etter en del diskusjon fullmakt til å justere postene kontingent og abonnement (dette gjelder begge budsjett) for å bringe bedre samsvar mellom inntekter og utgifter for FFV. En mulig økning av inntektene for FFV ved øket tilskudd fra NAVF vil bli undersøkt.

Pkt. 10. Physica Scripta

Årsmøtet ble informert om at Physica Norvegica vil opphøre fra 1/1 1977 og at det er inngått kontrakt mellom organisasjonene i Norge, Danmark, Finland og Sverige om felles utgivelse av Physica Scripta fra samme dato. For Norge er kontrakten undertegnet av Det Norske Videnskapsakademi og Norsk Fysisk Selskap.

Pkt. 11.

a) Valgkomitéens innstilling ble enstemmig vetatt. Fra 1/1 1977 vil styret ha følgende sammensetning: T. Riste, formann, A. Graue, viseformann, O. Bratteng, T. Engeland (ny), R. S Sigmond (ny). Varamenn er: J. Feder (ny), J. Løvseth (ny), H. Høgåsen (gjenvalg), L. Owren, H. Pettersen. R. Høier og J Debernard ble gjenvalgt som revisorer, med Ø. Hauge som varamann. Valgkomité ble G. Kvifte (gjenvalg), K. Nybø (gjenvalg) og I. Svare (ny).

b) Til Fysikkrådet skulle det velges 3 medlemmer og 3 varamenn* Styret hadde på forhånd sendt ut forslag på 6 kandidater. I tillegg ble R. Høier foreslått. Valget fikk følgende resultat: (Hovedkomitéen vil selv avgjøre hvem som skal være representant og hvem skal være varamenn):

T. Riste (35), J. Trulsen (31), A. Sandås (26), I. Svare (26), O. Kaalhus (25), G. Løvhøiden (25), R. Høier (7).

Pkt 12

Trondheim står for tur til å arrangere Fysikermøtet. Svare ønsket velkommen til Trondheim og vil sørge for at det blir opprettet en arrangementskomité. Det ble ytret ønske om at møtet holdes like etter at skolen slutter.

Pkt. 13

Det var ingen saker under dette punkt. Formannen takket for fremmøtet.

## Fysikermøtet 1976

*O. Steinsvoll*

Fysikermøtet 1976 ble avholdt ved Universitetet i Tromsø. Om formiddagene var det plenumsforedrag av inviterte foredragsholdere, mens det om ettermiddagen var parallellsesjoner innen de forskjellige deler av faget, slik som kjernefysikk, faststoffysikk, biofysikk osv. Vi skal her bringe korte referater av de inviterte foredrag.

*Fysikken til makromolekyler og polymerer*

*Professor P. G. de Gennes* (Academie Francaise) holdt dette foredraget og på en lett slentrende måte fortalte han om det han karakteriserte som «chemistry in the most dirty sense», nemlig polymerer. For Norge med de nyoppdagete oljefeltene i Nordsjøen vil petrokjemien få større og større betydning i framtida, og han oppfordret norske fysikere til å ta polymerfysikken alvorlig.

Menneskene lærte tidlig å bruke polymerer med naturlig opphav, slik som cellulose og gummi. Indianere laget seg sko av gummierte fibre, men gummien oksyderte og skoen falt fra hverandre. I 1848 fant amerikaneren Goodyear på å tilsette svovel til gummien (vulkanisering), og dermed hadde en fått et stabilt system. Etter dette økte bruken av gummiprodukter stadig. En visste likevel ikke hva de kjemiske enhetene var for noe – så det ble en svært empirisk kjemi.

* På grunn av forskyvning i funksjonstiden for Norsk Fysikkråd er det, etter konferanse med Hovedkomitéens sekretariat, blitt avtalt at valget skal ansees gyldig for perioden 1978/79.

Like før siste verdenskrig begynte utviklingen å gå raskt. ICI framstilte polyetylen under høyt trykk og en fant også fram til måten å lage nylon. Produksjonen og bruken av plastikkprodukter (polyetylen, polyvinylklorid, nylon osv.) er i Frankrike på samme nivå som bruken av stål. Det er derfor på tide at en setter seg ned og studerer de fysiske egenskapene til disse stoffene. I løpet av de siste åra har en da også fått nye resultater ved å ta i bruk fysiske metoder, slik som småvinkelspredning av neutroner og uelastisk spredning av laserstråler. Fysikerne har også matematiske modeller på lager som kan nyttes til å forklare de fysiske fenomenene. Det er mest nærliggende å tenke på hva teoriene for faseoverganger vil kunne tilby for å forklare polymeriseringsprosesser.

Han gikk så over til å behandle polymerer i oppløsning; en suppe med spaghetti kalte han det. En hadde tre områder: I det klassiske området var suppen så tynn at en kunne regne spaghettitrådene som isolerte enheter. Viskositets- og lysspredningsmålinger hadde vist at de enkelte molekyltrådene krøllet seg opp, og en måtte nytte teorien for «self avoiding random walk». Ved litt sterkere konsentrasjon begynte molekyltrådene å overlappe, men en måtte regne med en slags $\delta$-funksjons-frastøtning mellom de enkelte molekyler. For en sterkt konsentrert oppløsning vil en nærme seg tilfellet for en smeltet plastikkmasse.

En idéell polymer kan ses på som sammensatt av rette enheter med lengde $a_X$, men mellom enhetene kan molekylet knekke over som i en serie ledd. Lengden R mellom ytterpunktene på det oppkveilte molekyl vil derfor være mye mindre enn summen av $a_X$. Det er denne lengden som kan måles ved spredningsforsøk, og som vil variere med konsentrasjonen av oppløsningen.

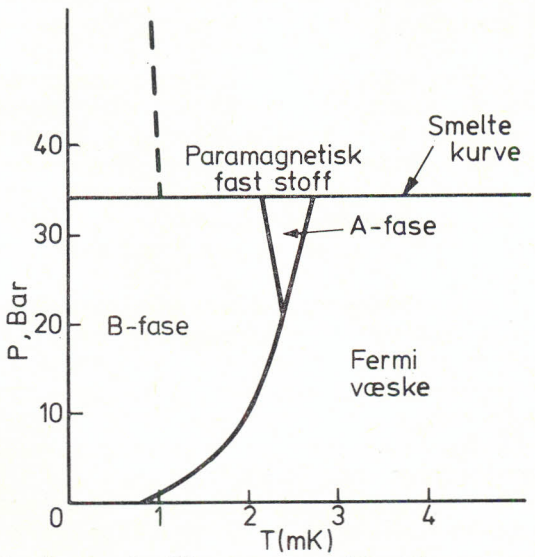
Dynamikken i slike oppløsninger kan også studeres ved spredningseksperimenter. Når «halen» av et slikt molekyl gjør utslag vil den virke på andre nærliggende molekyler. En har friksjon mellom polymeren og væsken den er oppløst i. Ulike fluktuasjoner og svingninger kan bre seg i suppa. «Geleaktige» svingninger er et eksempel.

Feltet er fullt av oppgaver og problemer som venter på å bli løst. Ett viktig område er partiell krystallisering. Fiberdannelse er eksempel på dette. Anvendelsene av kunnskapen kan bli meget viktige: en vil da kanskje forstå bedre hva som skjer under varmebehandling og støping av plastikk. Foreleseren økte i høy grad appetitten på spaghetti hos tilhørerne!

*Nye fasetilstander i $^3$He*

Professor Lounasmaa (Otaniemi) holdt foredrag om faseovergangen i $^3$He, den lette isotopen av edelgassen helium. Han resymerte det som var kjent om faseforholdene og de supraflytende egenskapene til den vanligste isotopen $^4$He. I flytende tilstand deler $^4$He seg i to væskefaser, en normal fase He I og en supraflytende fase He II. Den siste væskefasen gir opphav til alle de merkelige egenskapene som at væsken går gjennom kapillarrør uten friksjon, kryper over kanten på beholdere og at den har uendelig varmeldningsevne. Siden $^4$He består av et like antall neutroner og protoner vil en væske av disse atomene oppføre seg etter Bose-Einstein statistikk, og de supraledende egenskapene skyldes såkalt Bose-kondensering.

$^3$He derimot, består av et odde antall protoner og neutroner, og kjernen vil ha et odde spinn kvantetall. En væske av denne isotopen vil derfor oppføre seg etter Fermi-statistikk, og ved tilstrekkelig lave temperaturer vil væsken oppvise såkalt Fermidegenerering: alle lavenergetiske tilstander vil være fylt med bare ett atom i hver tilstand (Pauli prinsippet). Ved temperatur lavere enn $10^{-1}$ K vil $^3$He atomene ha liknende oppførsel som elektronene i et metall. Under $3 \times 10^{-3}$K (= 3 mK) viste det seg at væsken delte seg i en A-fase og en B-fase. Ved ytterligere å legge på et magnetisk felt




Fasediagram for $^3$He uten magnetfelt ved temperatur under 3 mK.

over væsken delte A-fasen seg i A og A 1. $^3$He-atomene har magnetisk moment så et magnetisk felt vil ha innvirkning på energitilstandene i væsken. I Helsinki hadde de ved hjelp av et bestemt slags viskosimeter klart å påvise superflytende egenskaper i $^3$He-væsken. Lounasmaa fortalte så om de siste forsøk på å beskrive fenomenene teoretisk.

*Sol og vær*

*Professor J. King* fortalte om variasjoner i solaktiviteten og deres innvirkning på været. At det eksisterer en slik vekselvirkning blir ikke tatt helt alvorlig av meteorologer, men det finnes nå så mange bevis og korrelasjonsforhold mellom solsyklusen og verdensomspennende værforhold at en må godta dette.

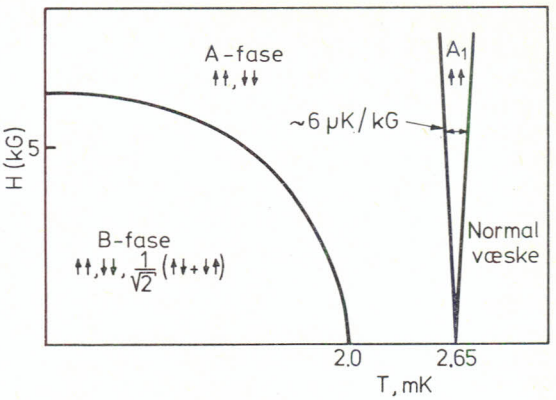
Sola roterer rundt sin egen akse i løpet av 27 ½ dag. Samtidig roterer også et stort magnetisk felt som strekker seg langt forbi jordbanen. Feltet er oppdelt i romlige soner der feltretningen er motsatt i nærliggende soner. Jorda vil derfor med jamne mellomrom oppleve en reversering av det solmagnetiske felt. I mange meteorologiske parametre, f.eks. høydebeliggenheten av 500 mbar-nivået, vil en derfor kunne ta ut en variasjonskomponent på 27 ½ dag.

Solaktiviteten varierer slik at med 11 års mellomrom har en solflekkmaksimum og minimum. På liknende måte som ovenfor har en funnet komponenter i værparametre som varierer over en 11års periode. Dette er naturlig fordi solas energiutstråling (synlig og ultrafiolett) også varierer i fase med solflekkaktiviteten.

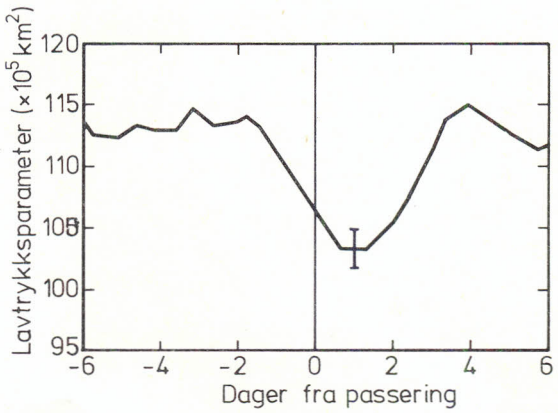
På den annen side vil ikke værparametrene variere i fase rundt om på jorda. Noen steder vil høyden av 500 mbar-nivået nå maksimum når det andre steder når minimum. Det ser derfor ut til at solaktiviteten induserer stående bølger i værparametrene rundt om på jorda, med buker og knuter alt etter bredde og lengdegrad.

For meteorologene er disse variasjonene å betrakte som støy eller fluktuasjoner rundt middelverdier. Men det er ofte slik at «one man's noise is another man's signal». Vi har derfor både daglige variasjoner pga. jordrotasjonen, månedlige variasjoner pga. solrotasjonen og 11 år variasjoner pga. solflekkaktiviteten.

En har også studert variasjonen av nedbørsmengder rundt middelverdier ved ulike breddegrader og funnet de samme komponenter. Lufttrykk og nedbør virker på og influeres av luftsirkulasjonsforholdene i atmosfæren, og dette har atter betydning for energitransporten fra tropene til høyere breddegrader. Den skulle da være forskjellig ved solflekkmaksimum og minimum. Når vi så vet at den lille istid ble forårsaket av bare 0.6° fall i middeltemperaturen på jorda bør vi vel spørre oss selv om vi ikke bør ta disse fluktuasjoner alvorlig. Været er avgjørende for leveforholdene og mattilførselen til menneskene på jorda. Etter et tiår med forholdsvis stabile og optimale forhold for årsveksten i 60-åra ser det ut til at klimaet i 70-åra er mer ustabilt, en har tørkekatastrofer både i Afrika og Europa f.eks. Skal dette kunne forklares må en nok trekke inn solas virkning på værforholdene i langt større grad enn det er blitt gjort til nå.




Fasediagram for $^3$He i væskeform ved trykk tilsvarende smelting. En ser projeksjonen av tilstandsflaten i H–T planet. Et svakt magnetfelt innfører en ny fase $A_1$. Oppsplittingen forårsaket av magnetfeltet er overdrevet på tegningen.




Virkning på lavtrykksparameteren (= flateutstrekning x antall lavtrykk) når et solmagnetisk grenseområde passerer jorda. *J. M. Wilcox,* Science *192,* 745 (76).

*Ozonlaget i går, i dag og i morgen*

Professor E. Hesstvedts foredrag var svært aktuelt på bakgrunn av diskusjonen som emnet har utløst i massemedia. Ozonlaget i lufthavet over jorda er en nødvendighet for alt organisk liv. Det absorberer ultrafiolett stråling som ellers ville føre til store strålingsskader og forbrenninger. Jordas alder er 4 milliarder år, men i halvparten av denne tida var det ikke noe ozonlag og sannsynligvis ikke noe liv i luft og jord, bare i havet ville organiske molekyler være tilstrekkelig beskyttet. Årsaken til dette var at den første atmosfæren på jorda var oksygenfattig. Etterhvert økte oksygeninnholdet i atmosfæren på grunn av ulike forhold. En kan tenke seg at vann ble spaltet til oksygen og hydrogen, og at de lette hydrogenmolekylene forsvant fra jorda. Da livet oppsto, ble det med ett en sterk økning i oksygeninnholdet. Livet skapte altså sine egne forutsetninger og sin egen beskyttelse ved at oksygen og ozonlag ble dannet.

Hvis vi tenker oss hele atmosfæren sammentrykt til normalt trykk og temperatur vil den utgjøre et lag på 8 km tykkelse. Ozonmengden vil derimot bare utgjøre et lag på 0.25 cm ved de samme betingelser. Ozonmengden er ikke like stor ved alle breddegrader siden ozon blir dannet ved en fotoreaksjon der solstrålingens styrke er avgjørende. Ozonmengden varierer også med høyden over jordoverflaten og når et maksimum ved 20 km høyde. Ved våre breddegrader er det ozonmaksimum om våren og minimum om høsten. Det skjer også diffusjon i luftlaget av ozon.

Dannelsen av ozonlaget er en dynamisk prosess som skyldes fotokjemiske forhold i atmosfæren. Mengden av ozon til enhver tid avhenger av likevekten mellom produksjonshastigheten og tilbakedanningshastigheten.

$$O_2 + h\nu \rightarrow 2O$$
$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

men også

$$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$$
$$O_3 + O \rightarrow 2O_2$$

En har også tap via reaksjoner:

$$OH + O_3 \rightarrow O_2 + HO_2$$

og videre

$$NO_X \rightarrow NO + NO_2$$
$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

Ozontapet via hydroksyder er størst under 25 km mens tapet via nitrogenoksyder er størst over 25 km.

For 2-3 år sida viste Rowland at ozonmengden også kunne minke ved reaksjoner med klorfluormetaner (freon gass) $CF_2Cl_2$ og $CFCl_3$. I stratosfæren blir disse spaltet fotokjemisk og avgir klor. Kloret fanger så inn ozon.

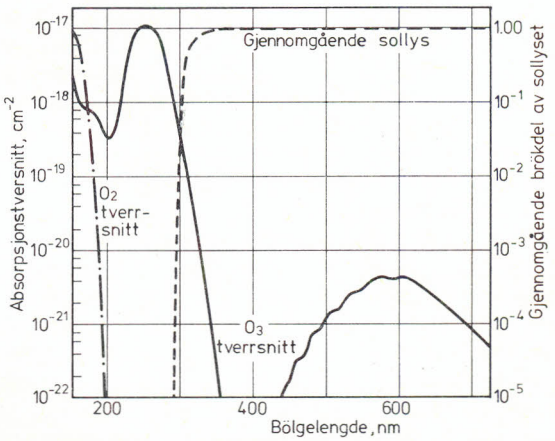
$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$
$$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$$

Nettoreaksjonen blir altså $O + O_3 \rightarrow 2O_2$.

Avgasser fra supersoniske fly inneholder forbindelser av typen $NO_X$ som også kan redusere ozonmengden etter reaksjonene ovenfor. Bakterier i jorda lager likevel lystgass $N_2O$ i store mengder. Denne stiger til værs og gir også tap av ozon. Et regneoverslag viser at de naturlige tapene via $NO_X$ langt overstiger det som flytrafikken noen gang kan forårsake.

En regner med at 1 % nedgang i ozonmengden kan føre til 1.7 % økning i skadelig stråling, og en tilsvarende økning i solforbrenninger, erythem, og hudkrefttilfeller, maligne melanomer. Bare i 1974 økte produksjonen av freongasser med nesten 15 % og før eller siden frigjøres disse gassene enten ved lekkasje eller kassering av gamle kjøleskap og frysebokser, eller ved bruk av spraybokser der drivgassen er freon.

For et par måneder sida fikk likevel de fotokjemiske modellene og de store regneprogrammene en riktig nesestyver fordi det viste seg at $NO_2$ og ClO reagerte med hverandre. Ved en balansert forurensing av freon og flyeksos ($NO_X$) vil en altså kunne redusere virkningene




Absorpsjonstverrsnittene til oksygen og ozon framstilt sammen med brøkdel av lysmengden som trenger gjennom atmosfæren. En ser at absorpsjonen er særlig stor i det biologisk aktive området mellom 280 og 320 nm.

på ozonlaget. Etter at dette ble kjent var industrifolk fra seg av begeistring!

En må likevel anta at utslipp og forurensinger har skadelige, til dels livsfarlige konsekvenser for livet på jorda. Vi må derfor følge utviklingen med et årvåkent øye, utvikle riktige matematiske modeller for de fotokjemiske prosessene, holde regnskap med utslippenes størrelse og ha politisk vilje til å følge opp med restriksjoner dersom det bærer galt avsted.

*Skolelaboratoriet for naturfag*

*Lektor S. Sjøberg* orienterte om skolelaboratoriet for naturfag ved Universitetet i Oslo. Det har eksistert i 5 år og har etterhvert bygd opp en betydelig aktivitet. Det kan ses på som et bindeledd mellom universitetet og ulike skoleslag. En tar imot og hjelper lærere i ungdomsskole og gymnas, gir råd om valg av utstyr og eksperimenter, bøker, AV-hjelpemidler. Aktiviteten er også rettet innad mot universitetet ved å gjøre universitetets lærere oppmerksomme på problemene i skolen. En har prøvd å influere fysikkursene slik at de skulle få et innhold som også tar sikte på å forberede nye lærere for skolen. Ingen offentlig organisasjon har interessert seg for kontroll av skolemateriell og en har gjort forbrukerundersøkelser av dette i samarbeid med Forbrukerrådet. Undersøkelser av sikkerheten i skolen har gitt oppsitksvekkende resultater. Stråling av ulike slag fra elektrisk utstyr, elektrisk støt. behandling av gass osv. En har utstyrt standardrom der apparatene for fysikkeksperimenter er påført pris og bruksanvisning.

Kursvirksomheten sprer informasjon til lektorer i skoleverket. I samarbeid med Forsøksrådet har en arrangert 3 ukers fulltidskurs for gymnaslektorer. De ansatte ved laboratoriet har reist mye rundt i landet siste året, og har dekket skoler fra Alta til Sandnes.

Skolelaboratoriet har også engasjert seg i naturfaglig pedagogisk forskning. Etter overraskelsen med den russiske Sputnik er det satset millionbeløp i den vestlige verden for å fornye fysikkundervisningen. De nye fysikk-kursene som ble utviklet (Nuffield osv.) ga likevel ikke de resultatene som en ventet. Det viste seg at en hadde glemt de læringspsykologiske aspekter ved undervisningen. Det var nok fint med en ny framstilling av fysikken, en mer dynamisk gjennomgåelse, men en hadde sett bort fra elevenes ønsker, behov og interesser som skifter etterhvert som de blir eldre. En hadde antatt at elevene var miniatyrvoksne, men ifølge den verdenskjente læringspsykologen J. Piaget går barna gjennom tre stadier i sin intellektuelle utvikling. I de første leveåra befinner barn seg i det sensoromotoriske stadium. Etterhvert trer de inn i det pre operasjonelle eller intuitive stadium. Det andre nivået kalles stadiet for konkrete operasjoner. Til slutt utvikles stadiet der barna kan foreta abstrakte eller formelle operasjoner. Det siste stadiet finner en ved 16 års alderen. I en klasse i gymnaset kan en finne elever som befinner seg både i det andre og tredje stadium, og dette skaper naturligvis vansker for læreren.

Det formelle stadiet karakteriseres ved at elevene klarer å lage hypoteser. Siden vil de ved forsøk ønske å se om naturen fungerer slik som de hadde tenkt. Elevene vil også kunne identifisere variable, dvs. finne ut at bestemte ting har betydning for den fysiske oppførselen. De vil også ha evne til å generalisere og trekke konklusjoner. Elever som befinner seg i annet stadium vil ikke kunne se ut over spesialtilfellene og generalisere det de har lært. Elever i tredje stadium vil også kunne tenke med abstrakte enheter (tetthet, elastisitet, proporsjonalitet).

En undervisning innen naturfag som ikke ligger opp til elevenes utviklingsfaser vil være helt bortkastet. En har nå merket en flukt fra fysikken til andre fag der det ikke blir stilt liknende krav til utviklingsnivået. Inntrykket en sitter igjen med er at det eneste som holder liv i fysikkundervisningen på lavere skoletrinn er opptakskravene ved universitetet. Dette er en utvikling vi er lite tjent med og som snarest må snus.

Sjøberg gikk til slutt inn på de problemer av vitenskapsteoretisk- og pedagogisk karakter som de også hadde tatt fatt på.

*Wilsonteori for faseoverganger*

Professor E. Hiis Hauge holdt en morsom forelesning om «Wilson i tresko» som viste seg å være en lettfattelig framstilling av renormaliseringsgruppeteori som skyldes van Leeuwen i Holland. Da vi har det håp at FFV vil kunne trykke forelesningen i nærmeste framtid skal vi ikke gå nærmere inn på den.

*Hva skjer i Tromsø?*

I en serie forelesninger av medarbeidere ved fysikkavdelingen i Tromsø fikk vi et svært godt oversyn over det forsknings- og undervisningsprogram som de var i ferd med å bygge opp ved universitetet. Dette skal vi også komme tilbake til ved en senere anledning.

*Naturvitenskapens plass i det framtidige norske samfunn*

Dette var tittelen til et interessant foredrag av Helmer Dahl på Fysikermøtet 1976. Han konsentrerte seg om den nyeste utvikling av forskningspolitiske synspunkter og hvordan forskning skal bli finansiert i Norge. Alle forskere innen naturvitenskapen liker å være uforstyrret og konsentrere seg om sitt faglige arbeid, men de plikter likevel å se på sin egen plass og funksjon i samfunnet.

Det har skjedd store endringer i synet på vitenskapelig aktivitet i løpet av de siste hundre år. Rundt 1900 hadde naturvitenskapen i Norge en beskjeden plass med lite penger å rutte med. Initiativrike enkeltpersoner, firmaer og oppfinnere la likevel grunnlag for en del anvendt forskning på den tida. Utviklingen gikk langsomt i åra framover, og det var først den annen verdenskrig som skapte et skille. Mengden av vitenskapelig litteratur ser nå ut til å ha eksponensiell vekst med en doblingstid på 15 år. Regner vi litt på det finner en at det skal bare være 2.4 % økning pr. år for at summen av alt som blir publisert i løpet av en 30 års periode utgjør like mye som alt som er publisert før.

Denne sterke veksten må føre til en stadig omorganisering av forskning og naturvitenskap. Finansieringen må også være under uavbrutt diskusjon. Folk i administrasjon og finansdepartement har begynt å få kalde føtter pga. beløpenes størrelse, og har begynt å gå inn for avflating av vekstkurven. Spørsmålet blir da *hvor* det stabile nivået bør ligge og *når* vi bør få avflating. Forskningspolitikken må avgjøre hvordan forskning skal finansieres, og hvordan de ulike forskningsfelter skal prioriteres. Praksisen og politikken er ulik i forskjellige land, og alle steder er det mye skjønn, gjetninger og uuttalte forventninger med i avgjørelsene.

Mange har protestert mot inndelingen i kategoriene ren- og anvendt forskning. De foretrekker isteden en oppdeling i målrettet- og disiplinrettet forskning. Andre deler forskning opp etter fakultetene ved universitetet.

Forskningsresultater virker inn på hele samfunnsøkonomien, men spredningshastigheten er svært lav. Det går gjerne svært lang tid før den nye innsikten trenger gjennom og blir til nytte for menneskene. En prøvde derfor å skaffe seg en oversikt over forskningsområder og omfanget av forskning i Norge for å bringe orden i sakene. Etterhvert ble internasjonale organisasjoner interessert i å sammenlikne forskningsaktiviteten i ulike land, og UNESCO og OECD brukte lang tid på å finne ut hvordan forskning skulle uttrykkes statistisk (antall forskere, størrelse av bevilgninger, forskningsnivå osv.) I Norge ga etterhvert nasjonalregnskapet oversikt, og en fikk etterhvert et plansystem der en hadde en kortsiktigere budsjettoppstilling og i tillegg en mer langsiktig budsjettplan Så kom profilanalysene der en studerte faglig bredde og fagenes utvikling i framtida. En ny form for budsjettering kalt objektbudsjettering ble så prøvd. En ble klar over at det var feil å bruke størrelsen av pengemidler som kvalitetsmål, og en ville heller satse penger på prosjekter som var innrettet mot bestemte «objekter». For en forsker innen naturvitenskap er det lønnsomt å ha klart for seg hvordan de høyere kretser i departement og administrasjon tenker, planlegger og budsjetterer.

Det fins nå store rapporter av OECD om forskning i Vest-Europa, USA og Japan. Dahl viste en hel del lysbilder med statistiske data om forskning i disse landene. En kan dele opp i fem store grupper. Den første gruppen nasjonal sikkerhet og forsvar omfatter også nasjonale prestisjeprosjekt som romforskning og tildels kjernekraftforskning. Så kommer en gruppe ske studier. En tredje gruppe er mer rettet mot menneskelig velferd, slik som medisinsk forsk- som omfatter landbruk. gruvedrift og økonomining, forurensning, sosiale spørsmål osv. Den fjerde gruppen omfatter undervisningsinstitusjoner, skoler og universiteter. Forskning og utvikling innenfor ulandsområdet kommer innenfor den siste gruppen. På prioriteringslisten ser kjernekraft og energispørsmål ut til å ligge på topp, etterfulgt av gruvedrift, forsvar, undervisning, landbruk, helsespørsmål, romforskning, økonomi, velferd, forurensning og tilslutt ulandsproblemer. Forskningsinnsatsen i Norge i årsverk ser ut til å dele seg på: næringlivet (51 %), universitetene (25 %), offentlige institusjoner (22 %) og privat forskning (2 %). Noen land beskatter næringslivet og deler ut igjen penger til forskning i offentlig regi. Andre land lar næringslivet sitte igjen med penger til forskning for eget behov. Dette vil influere prosentandelene i statistikken.

Dahl gikk så over til å refere det som vitenskapen kritiseres for av «motkulturbevegelsen». Naturvitenskapsmenn trekkes inn som rådgivere, men de gis også makt slik at de kan presse beslutninger igjennom. De burde heller være nøytrale rådgivere og overlate beslutningene til folkevalgte organer. Et annet anke punkt var at anvendt vitenskap fører til teknologi og oppfinnelser som igjen driver rovdrift

på naturen og ressursene. Det er nok riktig at kritikkløs anvendelse av vitenskapelige resultater kan føre menneskeheten mot avgrunnen. Motkulturen vil også innføre det som kalles antiteknologi, en bevegelse i retning av et enklere liv, med sunnere og mer naturlig levemåte. Innenfor gruppen av vitenskapsmenn er meningene delte, og en bør bestrebe seg mot en holdning der en aksepterer at dette kan ha positive virkninger. Ubehagelige spørsmål og kritikk er noe som alltid har brakt vitenskapen framover.

Vi lever i en eiendommelig tid med en fabelaktig utvikling på alle felter. Til tross for dette har de siste 2 generasjoner i grunnen vært lite oppfinnsomme. En har fått en bedre og mer effektiv utnyttelse av det som var kjent før. Samfunn og næringsliv er blitt bedre organisert enn før og alt sirkulerer hurtigere, både mennesker og kunnskap. Derfor er det stor interesse for alt vedrørende kommunikasjon.

Mange hevder at vitenskapelig innsats og forskning bør rasjoneres, men det er nesten uoverkommelig å gjennomføre. Noen har hatt forslag om å erklære noen forskningsområder som ikke eksisterende, f.eks. «genetic engineering». Men mekaniske inngrep i arvestoffet kunne kanskje hjelpe menneskeheten, hvem vet?

Vitenskapen kjennetegnes ved sin klare redelighet og åpne systematikk, den kan skille mellom objektive og subjektive egenskaper. Fysikere må prøve å betrakte sitt fag utenfra med den samme objektivitet og finne fagets plass i samfunnet. Fysikernes egen innstilling og vurdering av sitt fag vil være viktig når en skal gå i forhandlinger med administrasjon og politikere. En bør finn fram til og samle seg om begreper som er forståelige for begge grupper. Styringsfolkene er også vitenskapsmenn innen sitt område og arbeidsmåter og verdibegreper er ofte felles.

---

# Bøker

*Otto Øgrim:* Størrelser og enheter i fysikken. 4. utgave 1975, Universitetsforlaget.

«Størrelser og enheter i fysikken» er en oppslagsbok som, etter anmelderens kjennskap, ligger nær for hånden ved de fleste fysikeres arbeidsplass. Stort sett kan en si at 4. utgaven av boken har gjennomgått ubetydelige endringer i forhold til 3. utgaven, og de gjennomførte endringer er i første rekke av redaksjonell art. Riktignok har det dukket opp noen nye størrelsesnavn som f. eks. volumær ladning (ladningstetthet) og arear strøm (strømtetthet), men det er heldigvis ikke tatt hensyn til disse nye betegnelsene i det bakenfor-stående tabellverk.

Forøvrig merker en seg at en del størrelsesnavn som tidligere sto i parentes nå er blitt likestilt med tidligere anbefalte størrelser, som f. eks. magnetisk flukstetthet og magnetisk induksjon, densitet og massetetthet. Likedan merker en seg at enkelte størrelsesnavn er byttet om, slik at de som tidligere skulle være enerådende nå er havnet i parentesen og vice versa. Som eksempel på slik re- og de-tronisering kan nevnes: Elektrisasjon- elektrisering, magnetisasjon- magnetisering.

Fjerdeutgaven har også tydelige tendenser mot en fornorskning av størrelsesnavnene, f. eks. utstrålingstetthet (strålingseksistans), lysutstrålingstetthet (lys-eksistans), innstrålingstetthet (irradians), belysningstetthet (illuminans).

Som nevnt innledningsvis er boken et oppslagsverk som er anvendelig for fysikere på alle trinn, og anmelderen gir den sin beste anbefaling.

*Asbjørn Solheim*

*K.-H. Hellwege og A. M. Hellwege (eds.):* Landolt-Börnstein, Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenchaften und Technik, Neue Serie, Gruppe III: Krystall- und Festkörperphysik, Vol 7 Krystallstrukturdaten anorganischer Verbindungen, Teil b Schlüsselelemente O, S, Se, Te, b 1 Substanznummern b 1 . . . b 1817. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg – New York 1975, 674 sider, pris innbundet DM 560,–.

Dette oppslagsverket i Landolt-Börnsteinserien gir strukturdata i volumene 5, 6 og 7. Volum 5 består av to deler (a og b) og behandler organiske strukturer. Volum 6 behandler elementene og intermetalliske faser, mens volum 7 inneholder data for uorganiske forbindelser. Volum 7 skal bestå av 8 deler der 6 av delene er inndelt etter nøkkelelementer, med en gruppeinndeling som følger det periodiske system. De to øvrige delene er referanser og indeks. Inntil nå har del a (halogenforbindelser) kommet ut i 1973 og referansene ble gitt ut i 1974 (som en må forutsette supplert). Del b omfatter nøkkelelementene som utgjør oksygengruppen i det periodiske system. Del b er av tekniske grunner del i to bind, det foreliggende b 1 inneholder oksyder og hydroksyder, mens bindet b 2 vil dekke de øvrige forbindelser og ventes gitt ut om kort tid.

Den foreliggende del av verket er meget omfattende og systematisk bygget opp. Der det foreligger muligheter for faseomvandlinger, er det ofte illustrert med fasediagrammer. Det kan synes uhensiktsmessig å gi ut referanser i et separat bind, som vil være delvis foreldet når verket er komplett.

Den foreliggende bok (b1) vil ikke ha særlig stor interesse om ikke hele verket anskaffes, men prisen tilsier at det ikke kan kjøpes inn mange komplette verk her i landet.

*Knut Schrøder*

# Store forskingsprosjekt i små miljøer

*O. Steinsvoll*

På Fysikermøtet 1976 i Tromsø hadde en fått byråsjef A. Kjelberg og førsteamanuensis P. Nyborg til å innlede en diskusjon om dette emnet. I de siste åra har en hatt flere interessekollisjoner mellom ulike grupperinger: Mindre institusjoner er kommet i pengemangel og ser med misunnelse på pengemidlene som tilflyter de store prosjektene, f.eks. CERN. De store prosjektene synes å få kompensasjon for prisstigningen og gå videre uten hindringer pga sin tyngde og prestisje.

*A. Kjelberg* hadde vært ved CERN som kjemiker og følte seg «prosjektfrelst». Han hadde nå skiftet hatt og var blitt byråkrat med oppgave å administrere bl.a. forskning, men håpet at han kunne se problemene fra begge sider.

Store forskingsprosjekter strekker seg gjerne over flere år, omfatter flere emner, krever stor profesjonell teknisk kompetanse innen flere områder og apparaturen er stor og dyr. Allerede før siste verdenskrig var det flere slike store prosjekter, slik som speilkikkerten på Mt. Palomar og syklotronen i Lawrence i California. Store prosjekter starter etter lang evalueringstid der alle sider ved prosjektet blir belyst grundig, ofte bedre enn hva små grupper makter. De styres av meget kyndige «boards», som i tillegg består av folk utenfor miljøet som prosjektet omfatter. Diskusjonen preges av åpenhet og direkte tale om fordeler og mangler ved prosjektet.

I Norge har en organer som på tilsvarende måte skulle kunne gi prosjekter en tilsvarende behandling, slik som Fysikkråd, Forskningsråd og ekspertise forøvrig. Når en bruker store pengebeløp har en også en plikt til å gi informasjon utover de faggruppene som er innblandet. Folk flest har rett til å få greie på hvilket utbytte en har av forskingsprosjektene, og store prosjekter har gjerne bedre informasjonsforhold.

Når en tar del i slike internasjonale prosjekter må en lære seg å arbeide sammen med forskere av en annen språklig, kulturell, økonomisk og sosial bakgrunn. Dette sammen med mer kompliserte organisasjonsforhold krever at en får utdannet en ny type forskere. Det er bare et lite antall mennesker som har virkelige kreative talenter og det gjelder å finne fram til disse. Slik utvegelse ser en innen litteratur, bildende kunst og musikk, der spesielle begavelser får trening i spesialiserte skoler. Store prosjekter kan danne fruktbare miljøer der slike spesialbegavelser kan utvikle seg og påvirke hverandre gjensidig.

Om somrene er slike store prosjekter samlingssted for toppbegavelser fra læresteder og industrielle laboratorier. De holder foredrag og sprer informasjon om nye teorier og eksperimentelle resultater. Det er ofte vanskelig å få slike forelesere til mindre steder.

Kjelberg hadde fått utsagnet, husk «Small is beatiful» slengt etter seg i departementet før avreise, og det var kanskje denne følelsen som hadde spredd seg blant landets forskere. En har likevel flere store internasjonale prosjekter der Norge er med, ikke bare innen fysikk, slik som CERN og EICAT, men også innen molekylarbiologi, oceanografi, meteorologi og ressurskartlegging. omSforsking er Norge ikke med på (ESA).

*P. Nyborg* tok med én gang opp problemet med elitetenking som var svært udemokratisk etter hans syn. Han anerkjente likevel problemet og mente vi manglet en skikkelig forskerutdanning. Slik utdanning må foregå i et stort nok miljø, og store prosjekter kan gi de riktige folkene utviklingsmuligheter.

Vi må imidlertid se i øynene at Norge ikke lenger blir betraktet som et lite, ressursfattig land som ikke kan bidra noe særlig til internasjonale prosjekter. USA vil f.eks. ikke lenger være «snill onkel» og bidra ensidig til Fulbrightutvekslingen.

Inflasjon og lønnsøkninger har ført til at det er blitt lite penger innen systemet, og dermed har diskusjonen om prioriteringer og bevilgninger startet som krybbebiting mellom forskjellige forskingsretninger. Etter Nyborgs syn burde en ta sikte på 3 budsjettmål: 1. Holde «infrastrukturen» intakt, 2. gjennom Forskningsrådet skulle marken gjødsles der det var vekstmuligheter, og 3. ta opp oppdragsforsking for departementene og andre brukere. CERN må oppfattes som et internasjonalt samarbeidsprosjekt der det også er sterke utenrikspolitiske grunner til at Norge deltar. Norge ble ikke med i EF og det er derfor blitt politisk nødvendig å bekrefte vår europeiske tilhørighet ved å ta del i flere internasjonale prosjekter.

Regjeringen dekker medlemskontingenten til CERN ut fra disse motiver, men den gir ikke på tilsvarende vis norske fysikere muligheter til å delta i og nytte ut CERN. Ansvaret er veltet over på NAVF. Dette har ført til at penger til CERN nå vurderes i sammenheng med andre hjemlige prosjekter. Fagråd D under NAVF er

pålagt å drive butikken og når det har lite penger, fører dette til krybbebiting. CERN er på denne måten blitt en gjøkunge i et reir, og lik andre gjøkunger er den i ferd med å sparke ut eggene.

Deltagelse i romforsking gjennom ESA ble avslått fordi NAVF ikke kunne tåle å ta over en gjøkunge til i reiret. EISCAT ble vi med på, særlig fordi hoveddelen av installasjonen skulle ligge i Norge (Tromsø). Forøvrig er EISCAT geofysikk som ikke direkte konkurrerer med fysikk – så fysikerne vil ikke måtte blø mer enn andre for dette prosjektet.

Bevilgningene til naturvitenskap viser reell tilbakegang. De små bevilgninger er kanskje et uttrykk for at samfunnet ikke verdsetter f.eks. fysikk og ikke vil bygge ut dette faget mere. Fysikere må derfor lære seg til å se sitt fag i samfunnsperspektiv og oppfatte de bevegelser og innstillinger som fins hos befolkning og politikere. Hvordan kan vi begrunne en styrking av faget vårt?

Som formann i Norsk Forskerforbund tok Nyborg også for seg personellstrukturen og forskernes økonomiske kår. Innen universitetssektoren er nå en tredel av vitenskapelige personell i åremålsstillinger; altså *en* rekrutteringsstilling pr. 2 faste stillinger. Det er ingen ekspansjon i systemet, og de medlertidige ansatte føler seg urolige. Dersom en satset på mer prosjektforsking, ville en få enda flere vitenskapelige løsarbeidere. Systemet slik det nå er fører etterhvert til at de beste folkene ikke vil satse på forsking. De fast ansatte får nå høve til en viss deltaking i prosjektforsking, men en burde løse dem helt ut for visse perioder og ansette vikarer med anstendige arbeidsvilkår og lønnsforhold.

De forskere som lønnes direkte av departementenes oppdragsmidler er de som er dårligst stillet i systemet. Staten har har fraskrevet seg arbeidsgiveransvaret sitt, og dette er overført til gruppeledere og andre uten at de er gitt økonomiske muligheter for å dekke svangerskapspermisjoner, medlemskap i pensjonskasse osv.

Burde en ikke også nå se over systemet og analysere og endre stillingsstrukturen? Ved Universitetet i Oslo er det full stillingsstopp; det er ikke gitt høve til en eneste ny vitenskapelig stilling de siste par årene. Ved en viss omorganisering ville en kanskje få tingene til å gå bedre, også for faget fysikk og de personene som er innblandet.

*Kjelberg* fant det naturlig å komme litt inn på regjeringens forskningsmelding som nettopp hadde passert Stortinget. Han nevnte bl.a. det er oppnevnt et forskningsutvalg under regjeringen med 6 regjeringsmedlemmer og at det skal opprettes et sekretariat (= avdeling i KUD). Dette utvalget skal ha overordnet politisk ansvar for koordinering av forsking på tvers av departementale grenser. Internasjonale prosjekter kan da få en bredere behandling der bevilgninger også får en politisk vurdering og ikke bare må konkurrere direkte med hjemlig forsking. Et nytt råd for samfunnsplanlegging under NAVF er i emning. For NAVF kan dette bli et tankekors fordi en må finne ut hva som må omorganiseres for å få dette til.

Norsk deltaking i store prosjekter har også industripolitiske sider. Det gikk lenge før norsk industri fikk innpass i CERN med tilbud om spesial-leveranse. Nå har CERN kjøpt omlag 50 datamaskiner av norsk fabrikat. Regnemaskinfirmaet har nå etablert seg i Geneve og har der tilgang på høyt spesialisert og avansert informasjon fra CERN. Denne informasjon nyttes så til å utarbeide anbud for andre store prosjekter der datamaskiner inngår.

*I debatten* som fulgte ble det mye diskusjon om den nye syklotronen på Blindern, men syklotronfolkene var dessverre reist så de fikk ikke ta til gjenmæle mot kritikken som kom fram. Syklotronprosjektet var det første større prosjekt som startet på demokratisk vis. Det gikk gjennom alle interesserte grupper og fikk klarsignal, kom så til NAVF og ble oversendt Fysikkrådet. Alle grupper stilte seg solidarisk og var villig til selv å blø for å gi syklotronen til kjernefysikerne. Den store offerviljen gjorde inntrykk på NAVF som lovet økonomisk støtte (1.8 millioner). Etterpå viste det seg at fysikerne sa ja fordi de trodde at NAVF i siste omgang *ikke* ville bevilge penger, de ville være gode kolleger og ikke forstyrre systemet! Nå blir hele prosjektet dyrere enn det det var tenkt i begynnelsen pga ufullstendige kostnadsanalyser av bygget, og det blir vel neppe lett å finne noen som vil betale.

Ser en utviklingen historisk var det en stor og aktiv gruppe i kjernefysikk på Blindern. De hadde van de Graff maskinen til å eksperimentere på. Etterhvert ble den avlegs, og en begynte å tenke på en ny maskin, en Tandemakselerator. Den falt igjennom både som nasjonalt og nordisk prosjekt. For å ta vare på tradisjonen innen kjernefysikkfeltet mente en at en hjemlig maskin var å foretrekke, og da syklotronen ble foreslått, så de økonomiske sider ut til å være akseptable.

Nå blir vel syklotronplanene foreløpig lagt på is, men det er kanskje muligheter til å få prosjektet gjennom dersom andre brukergrupper kan delta i finansieringen. Syklotronen kan bl.a.

produsere isotoper av ulike slag som kan nyttes i medisinsk forskning og behandling. En burde derfor kanskje bygge den i samband med et eksisterende biologisk laboratorium eller isotoplaboratorium for å nytte apparatets muligheter fullt ut. På den annen side må en ikke se på syklotronsaken som kjernefysikkens være eller ikke være. Det fins akseleratorer både i Stockholm og ved Risø der kapasiteten ikke er fullt utnyttet. Nyttes disse mulighetene må en vente krav om motytelser – både om kapital og driftsmidler. Dette er rimelig sett på bakgrunn av oljeinntektene som Norge får i åra framover. Vi kan ikke holde fram som verdens største snyltere, og vi må kunne ta oss råd til å holde liv i den beskjedne grunnforsking vi har i fysikk.

## Bøker

*Bluman, G. W. And Cole J. D.:* Similarity Methods for Differential Equations. Applied Mathematical Sciences. Vol. 13. Berlin–Heidelberg–New York, Springer – Verlag, 1974, 332 sider, 43 figurer. Pris heftet DM 23,30; US $ 9,60.

Boken gir en innføring i integrasjonsmetoder for differensialligninger som er invariante under kontinuerlige transformasjonsgrupper. Den er delt i to hoveddeler.

Del 1 omhandler ordinære differensialligninger, og vesentlige resultater her går helt tilbake til Sophus Lie. Først presenteres løsningsideen gjennom et eksempel, der det vises at en gitt førsteordens differensialligning som er invariant under en spesiell transformasjon, kan løses ved kvadratur etter en passende substitusjon av en ny variabel (den similaritetsvariable). Deretter omtales allment enparametriske transformasjonsgrupper i planet, og det vises at en slik gruppe inneholder essensielt bare *en* infinitesimal transformasjonsgruppe og er bestemt av denne. Det vises hvilke førsteordens ligninger som tillater (er invariante under) en gitt transformasjonsgruppe, og det vises videre hvordan den allmenne løsningen kan fåes ved kvadratur når gruppen er kjent. (Problemet å bestemme de mulige grupper som en gitt førsteordens differensialligning tillater, er hittil ikke allment løst.) Metoden videreføres til 2. ordens ligninger, der den gir mulighet for reduksjon av ordenen eller fullstendig løsning ved kvadratur. En viktig forskjell mellom 1. og 2. ordens ligninger er at mens en 1. ordens ligning kan tillate uendelig mange grupper, kan en 2. ordens ligning høyst tillate 8 grupper. Del 1 avsluttes med en rekke eksempler på anvendelser på viktige differensialligninger i fysikken.

Del 2 omhandler partielle differensialligninger av orden $\geq 2$ (idet det for 1. ordens ligninger vises til teorien for karakteristikker). I denne delen inngår atskillig nyere stoff, bl. a. av bokens forfattere. Metoden atskiller seg essensielt fra metoden for ordinære ligninger, idet invarians under en gruppe her kan brukes til å redusere *antallet* uavhengig variable, mens den for ordinære differensialligninger brukes til reduksjon av *ordenen* (eller løsning ved kvadratur). Siden løsningene henger nøye sammen med de såkalte similaritetsløsninger, som ofte kan fåes ved dimensjonsanalyse, er forbindelsen mellom bruk av dimensjonsanalyse og av transformasjonsteori drøftet. Hovedeksemplet i kapitlet er varmeledningsligningen. Andre eksempler er bølgeligningen (i det aksesymmetriske tilfelle) og den endimensjonale Focker–Planck-ligningen. Det gis eksempler på anvendelse av fler-parametriske grupper, f. eks. uendelig-parametrisk gruppe (til *utdeling* av Poissonkjernen).

Av innvendinger kan f. eks. nevnes at pilene på figuren, s. 32 har to forskjellige betydninger, eller at det på s. 15 og senere er en *stilltiende* identifikasjon av parameter og tilhørende transformasjon. Helhetsinntrykket av boken er imidlertid meget godt. Den er velskrevet og stort sett lettlest, takket være velvalgte eksempler og gode sammendrag etter avsnittene.

*Haakon Waadeland*

*R. Gomer (red.):* Interactions on Metal Surfaces, bind 4 av Topics in Applied Physics Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1975. 310 s. Innbundet DM 78.

Boka består av 7 oversiktsartikler, hvorav de fleste er på rundt 40 sider. Overlatefysikk er et felt i rivende utvikling, og det finnes tildels temmelig likeverdige artikler i flere av denne bokas emner andre steder. Siden boka først og fremst også er en situasjonsrapport, vil den ikke på noen måte kunne bli et varig, uunnværlig standardverk. Den gir imidlertid en nokså dekkende innføring i det vi nå vet om spesielle elektroniske egenskaper og prosesser i de ytterste 3-12Å av en metallprøve. For en stor del er boka en slags oppsummering av nyere publikasjoner, og den har omfattende referanselister. Derfor vil den kunne være en meget nyttig veileder om man ønsker å orientere seg i original-litteraturen innen bokas emner.

De 5 første kapitlene henger nøye sammen, og deres forfattere har alle flere referanser til hverandres arbeid. I første kapitel omtales skjerming, overflate-tilstander og plasmoner, og lokal tilstandstetthet, men forfatteren bruker mest plass til å gjennomgå nyere teori for rene metallers frigjøringsarbeid. Det siste er forfatterens spesialfelt, men jeg synes han er for ubeskjeden ved å refere til sitt eget arbeid som den første beregningen av frigjøringsarbeidet for en enkrystall overflate. Kjemisorpsjon – binding til et rent metallsubstrat ved initial adsorpsjon – behandles i tre kapitler, ett om teori og to om måleresultater. De vanligst studerte systemene, som er $O_2$, CO, $N_2$ og H, på de tungtsmeltelige metallene, W, Mo og Ta, og på 3-d metaller som Ni og Cu, beskrives nøkternt ut fra enten Augerspektroskopi og diffraksjon av lavenergetiske elektroner (LEED), eller ut fra målinger av desorpsjonsforløp. Mer utflytende, men teoretisk pretensiøst, er neste kapitel om felt og fotoemisjon. Kapitel 6 beskriver grunnlaget for Augerspektroskopi og LEED i overflatestudier på en meget oversiktlig og klar måte. Helt til slutt er et kapitel om heterogen katalyse som i denne boka står helt for seg selv. Kapitlet gir en stimulerende innføring i grunnbegreper, og når katalyseforskningens mål formuleres som identifikasjon av aktive sentre og strukturen av deres komplekser. er det neppe tvil om at vi her har en fag-grense som står for fall.

*Bjørn Johan Slagsvold*

# De "fossile" kjernereaktorer i Gabon

***Eigil Andersen***

*Innledning*

I løpet av mai 1972 oppdaget franske fysikere at malmen fra en bestemt urangruve i Gabon (tidligere fransk koloni) hadde et unormalt lavt innhold av U-235. Utgangspunktet for det hele var at en rutineanalyse gav 0,7171 % (± 0,0010) U-235, mens den aksepterte verdi er 0,7202 % (± 0,0006), et tall som var betraktet som konstant for all uran tidligere funnet på jorden og på månen.

Takket være en samvittighetsfull analytiker som ikke gav seg i første omgang ble det fastslått ved nye prøver at det ikke var en systematisk feil i analysen, men at en stod overfor et helt nytt fenomen. Det kom for dagen at flere hundre tonn uranmalm som var tatt ut i løpet av en 2 års periode hadde hatt systematisk lavere U-235 innhold enn normalt. Det ble påvist at et enkelt parti hadde et så lavt U-235 innhold som 0,621 %. Oppdagelsen førte til at et større forskningsprosjekt ble startet, og en kom allerede i august til den konklusjon at en stod overfor restene av en naturlig kjernereaktor som hadde vært i virksomhet for noen tusen millioner år siden. (Fenomenet ble kort omtalt i en notis i F.F.V., nr. 2, 1973 av Olav Steinsvoll).

Siden 1972 har et instenst forskningsarbeide pågått i regi av det franske CEA (Commissariat L'Energie Atomique), og også med deltagelse av laboratorier i U.S.A., England og U.S.S.R. Resultatene som er oppnådd hittil ble fremlagt på et symposium i Libreville i juni 1975, og referatene foreligger i en bok utgitt av IAEA (1).

Det er interessant å legge merke til at en av foredragsholderne, den amerikanske geokjemiker P. K. Kuroda (2), allerede i 1956 i en artikkel med tittel «On the Nuclear Physical Stability of the Uranium Minerals» hadde fremsatt en teori om at det i bekblende for ca. 2000 mill. år. siden kunne ha funnet sted kjedereaksjoner i uranet. Hans arbeide var lite påaktet og gikk nærmest i glemmeboken, da alle isotopanalyser av naturlig uran frem til 1972 hadde gitt nøyaktig samme resultat.

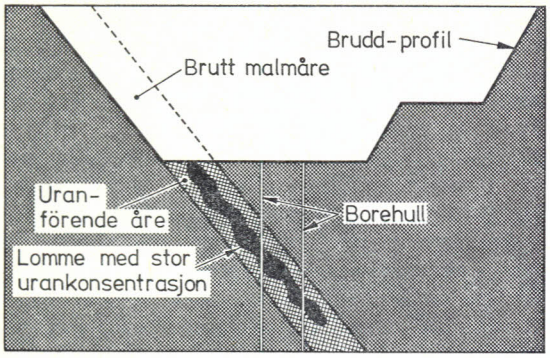
«Fenomenet i Oklo» som de «fossile» kjernereaktorene gjerne nå kalles, etter navnet på stedet i Gabon der de ble funnet, er et tverrvitenskapelig prosjekt der mange fagområder kommer inn. De viktigste er vel geologi, geokjemi og reaktorfysikk. Vi skal i denne artikkel se noe mer detaljert på de viktigste resultatene en har kommet frem til, med hovedvekt på de reaktorfysiske sidene ved fenomenet.

*Uranleiene i Oklo*

Gabon er et av de stedene i Afrika der det brytes uranmalm med relativt høy konsentrasjon av uran, i alminnelighet er gjennomsnittet av urangehalten mellom 0,4 og 0,5 %, men en hadde også funnet meget rike «lommer» med høykonsentrert uran. Uranleiene i Oklo er deler av et større sedimentært område som strekker seg inn i tidligere belgisk Congo. Alderen på disse formasjonene er bestemt til å være 1700–1800 mill. år.

Malmen ble oppkonsentrert i et nærliggende anlegg til uranet, og ved å gå tilbake til tidligere analyseprøver fra dette anlegget kunne en påvise en meget tydelig korrelasjon mellom høy konsentrasjon av uran i malmen som var tatt ut i bruddet i Oklo og lavt innhold av U-235. Det var også mulig ved hjelp av dagbøker som var ført over brytningene av malmen å finne tilbake til de stedene i malmleiet der det «unormale» uranet var tatt ut. Ved detaljerte undersøkelser fant en frem til bestemte årer der den rikese delen var fra 0,5 m til 1 m tykk og med en urankonsentrasjon i området 15–20 % eller omkring 40 ganger det som var alminelig i områdene rundt. En identifiserte da etterhvert tre bestemte soner, der en hadde uvanlig høy konsentrasjon av uran. En del av malmen var fjernet tidligere, men en påviste ved boringer at deler av disse sonene fortsatt var på plass under overflaten i dagbruddet. I fig. 1 er vist et vertikalsnitt av bruddet, der de uranførende lagene med tykkelse på 5 til 8 m har en helning på ca. 45°. Inne i disse lagene har en da funnet spesielt rike lommer med opp til 50 og endog 60 % uraninhold. U-235 innholdet i disse lommene er da svært lavt, nede i området 0,4 til 0,5 % og det laveste innhold av U-235 ble i

* Cand.real. Eigil Andersen er leder av Reaktorskolen, Institutt for Atomenergi, Kjeller.




FIGUR 1.
SKJEMATISK VERTIKALSNITT AV URANBRUDD I OKLO

en prøve målt til 0,296 %. Går en utenom de spesielt rike lommene, som kan ha en tykkelse av omkring 1 m og en sammenhengende lengde på omkring 14 m, vil konsentrasjonen av uran avta meget raskt. Over en avstand av 10 cm faller den til under 5 % og siden ned til 1 %, så har en utenom dette et «kontaminert» område på 2–3 meter der en bare finner en meget svak degradering i U-235 innhold. Malmleiet blir bearbeidet i horisontale lag, og en fant ut at nær 700 tonn uran med unormalt lavt U–235 innhold var tatt ut. Det ble anslått at en i alt hadde en manko på ca. 200 kg U-235 i den uranmalmen en hadde tatt ut.

De tre reaksjonssonene har altså virket som kjernereaktorer for ca. 1800 mill. år siden, og U-235 har delvis «brent opp». En må huske på at isotopinnholdet av U-235 i uran da var ca. 3 %, og det er omtrent den anrikning som brukes i våre dagers vannmodererte reaktorer. Den endelige bekreftelse på hypotesen om «fossile» kjernereaktorer kom da en ved omfattende massespektrometriske analyser kunne bestemme tilstedeværelsen av betydelige mengder av visse isotoper av neodym og samarium som er helt karakteristiske for fisjonsproduktene fra U-235 fisjon.

*Omfattende boreundersøkelser*

Det er en fascinerende oppgave å prøve å rekonstruere hvorledes disse reaktorene har kunnet virke for så lang tid siden og å studere mer detaljert fordelingene av fisjonsproduktene der disse har ligget lagret i 1800 mill. år. Det er åpenbart at mange resultater av disse undersøkelser ikke bare har rent vitenskapelig interesse for geokjemikere, men også kan ha stor verdi for de som i dag arbeider med lagring av radioaktivt avfall fra kjernekraftindustrien.

Det lyder nærmest utrolig at en i dag kan påvise fysisk hvor kjedereaksjonene har funnet sted; det har kunnet skje ved meget detaljerte boringer i de aktive sonene og omfattende isotopanalyser. Sedimentene som det her er tale om ligger på et meget gammelt fundament fra tidlig og midtre prekambrium og dets historie var komplisert, men siden ble områdene konsolidert og det har så vært meget stabilt siden. Reaksjonssonene har i lang tid ligget dypt og vært dekket av tykke lag sedimenter beskyttet mot overflateforandringer, men i nyere geologiske perioder steg fundamentet igjen og errosjonen kom igang slik at avleiringene kom nærmere jordoverflaten.

*Reaktorfysiske problemstillinger*

De fossile reaktorene i Oklo er jo et geologisk fenomen, men studiet av dem medfører også mange reaktorfysiske problemer. Det første viktige problemet en i denne sammenheng måtte studere etter at en hadde fremsatt hypotesen om de fossile reaktorer, var naturligvis om en kunne godtgjøre at betingelsene for en kritisk reaktor hadde vært tilstede. (En mer elementær fremstilling av hva en kritisk reaktor vil si er gitt i ref. (3)).

En nødvendig betingelse for å oppnå et kritisk system er at multiplikasjonsfaktoren $k_\infty$ er større enn 1. Denne størrelse er sammensatt av fire faktorer, $k_\infty = \eta \cdot \varepsilon \cdot p \cdot f$ og disse må beregnes for de påviste reaktorsystemene som var i virksomhet i Oklo for nærmere 2000 mill. år siden. En har da måttet gjøre en rekke antagelser forat beregningene av disse reaktorfysiske parametre skulle være noenlunde realistiske. Den modellen som en nå har fått i stand viser hvorledes reaktorene virket, og en rekke detaljerte målinger av den romlige fordeling av spesielle isotoper blant fisjonsproduktene, har i høy grad bekreftet de antagelsene som er gjort.

Helt avgjørende for kritikalitet er innholdet av U-235 i uranmalmene. Et tidsrom på 1,8 x $10^9$ år gir det aktuelle isotopinnholdet, 3,16 % U-235 da halveringstiden for denne isotop er 7,1 x $10^8$ år. En må huske på at halveringstiden for U-238 på 4,5 x $10^9$ år også betyr noe i denne sammenheng, i det mengdene av denne isotop var 30 % større da reaksjonene fant sted. (Dette fører da til en $\eta$ verdi på ca. 1,77 sammenliknet med 1,34 for våre dagers naturlige uran.) Andre viktige parametre er det totale innholdet av uran i malmen og dennes kjemiske sammensetning forøvrig. Det er helt vesentlig å kjenne disse størrelser for beregningene av f-faktoren.

En lav urankonsentrasjon og tilstedeværelsen av mange neutronabsorberende stoffer i malmen vil kunne medføre så lave f-verdier at kritikalitet ikke i det hele tatt kan oppnås.

*Gråbergets sammensetning*

En har foretatt beregningene for en bestemt sammensetning av «gråberget», et av hovedmineralene i dette er kloritt med følgende sammensetning: $SiO_2$ (41 %), $Al_2O_3$ (24 %), FeO (13 %), $Fe_2O_3$ (4 %), MgO (10 %), $K_2O$ (1 %), resten består i det vesentlige av CaO, $Na_2O$, $TiO_2$. Karakteristisk for denne sammensetning av «gråberget» er at det medfører en moderat absorpsjon av termiske neutroner. Det største bidraget kommer fra jern, i det Si, Al, Mg og fremfor alt O har lave absorpsjonstverrsnitt. Hadde malmen hatt en annen sammensetning, kunne meget vel dette gjort kritikalitet til en umulighet. Det kan nevnes at i andre uranleier i nærheten av Oklo finner en ofte vanadium sammen med uran, og da dette elementet har relativt stort absorpsjonstverrsnitt for termiske neutroner, umuliggjør dette elementet kjedereaksjoner i disse leiene. Andre elementer som litium, bor, kadmium og en rekke av lanthanidene ville selv i meget små mengder ha stoppet kjedereaksjonen helt. (Men disse elementer kan også ha vært tilstede og virket som «brennbare gifter», noe vi senere skal se har betydning for kontrollen av reaktorene.) Malmens sammensetning er basert på resultatet av et stort antall analyser av borekjerner og må betraktes som et statistisk middel. Den inneholder idag også en del bly, ca. 10 % av uranvekten, men det er mye mindre enn det en ventet å finne da bly jo er sluttproduktet for desintegrasjon av både U-235 og U-238.

*Vanninnholdet*

De mest betydningsfulle parametere når det gjelder kritikalitet av de «fossile» reaktorene er imidlertid innholdet av vann, idet termaliseringsgraden av neutroner så og si helt bestemmes av dette. Mineralene inneholder kjemisk bundet vann, idag er dette vanninnholdet ca. 15 %, det var tidligere noe lavere. En vil i tillegg også måtte regne med noe ekstra vann i «gråberget» på den tiden reaksjonene fant sted, da en vet at uranet er avsatt under vann.

En kan få en bekreftelse på at det har vært et betydelig vanninnhold i malmen da «reaktorene var igang», ved å undersøke isotopanalysene av fisjonsproduktene. Neutronspekteret er sterkt avhengig av $H_2O/UO_2$ forholdet, jo mer vann desto mer av termiske neutroner. Indikasjoner på neutronspekteret har en i det antall hurtige fisjoner som har funnet sted i U-238 og i størrelsene av resonansinnfangningen i samme nuklide. (Disse to prosesser avgjør verdiene av $\varepsilon$ og p i uttrykket for $k_\infty$). Isotopanalysen ga som resultat en «epitermisk indeks» på 0,15 svarende til et totalt vanninnhold på ca. 25 % (i vekt), og dette svarer nær til vanninnholdet i en moderne $H_2O$ moderert reaktor.

*Høy urankonsentrasjon*

Med de antagelser som er gjort ovenfor finner en for eksempel at ved en urankonsentrasjon på 20 % i malmen vil en få $\varepsilon = 1{,}015$, $p = 0{,}851$, og $f = 0{,}631$ som sammen med $\eta = 1{,}777$ gir $k_\infty = 0{,}968$. Det vil da si at en ikke ved denne urankonsentrasjon kan ha hatt noe kritisk system. Øker vi imidlertid nå urankonsentrasjonen til 30 %, får vi $k_\infty = 1{,}092$ og en kjedereaksjon er mulig. (Her må vi innskyte at tallene er bygget på de franske reaktorfysikkberegninger som baserer seg på en flergruppe modell og er mer nøyaktige enn en elementær regning ville gi. Spektrumberegningene f. eks. som en begynner med, er utført med en kode som tar med 99 energigrupper.) Vi har altså en terskel for kritikalitet som er omkring 25 % uraninnhold i denne malmen. Malm med lavere konsentrasjon blir således ikke interessant i denne sammenheng.

De beregninger som er utført av Naudet og andre ved CEA gir blant annet som resultat $k_{eff}$, den effektive multiplikasjonsfaktoren som funksjon av $H_2O/UO_2$ innholdet med konsentrasjonen av uran som parameter, og de finnes gjengitt i figur 2. (Her er $k_{eff}$ regnet ut for en verdi for $B_g^2$ som er satt lik 10 $m^{-2}$ svarende til en uendelig platereaktor med tykkelse 1 m.)

Av figuren fremgår det at hver konsentrasjon av uran har sitt optimale vanninnhold. En vil også legge merke til at for de høyere konsentrasjoner av uran, gir relativt små variasjoner i vanninnholdet store utslag i $k_{eff}$. Beregningene er basert på at den midlere anrikning av U-235 i reaksjonssonene i dag er 0,62 % og denne verdi samt U-238 mengden er korrigert med en tidsfaktor på $1{,}8 \times 10^9$ år.

*Varmeutvikling og neutronfluks*

Det er naturligvis ikke bare rene kritikalitets-

problemer som må klarlegges for de «fossile» reaktorer. Andre ting av stor interesse er tidsforløpet av reaksjonene, varmeutviklingen og ikke minst viktig er problemene omkring regulering av reaktorenes effektnivå. Det vil føre for langt å gå inn på alle de detaljspørsmål som her reiser seg, så vi vil innskrenke oss til å referere noen av konklusjonene av undersøkelsene.

En har funnet ut blant annet fra målinger av omdannelsen av Nd-143 til Nd-144, at i visse deler av reaksjonssonene har den integrerte neutronfluks vært opp til 1,6 x $10^{21}$ n/cm$^2$. Spørsmålet er nå over hvor lang tid reaksjonene har foregått. Det ble etter hvert fastslått at det ikke var tale om en meget kort og intens reaksjonsperiode, snarere en meget lang tid med et lavt nivå av neutronfluksen.

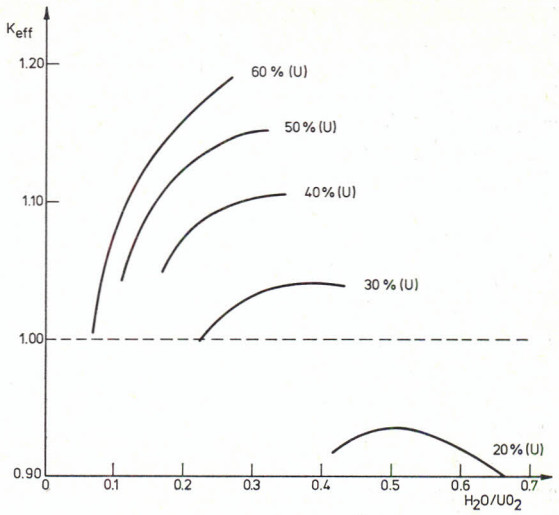
Under prossessen ble det dannet betydelige mengder Pu-239, ved neutroninnfangning i U-238 (det er forholdsvis lave verdier av p faktoren i uttrykket for $k_\infty$) og en opererer med en «conversion factor» på omkring 0,5. Det dannede plutonium har enten deltatt i fisjonsprossessen, eller ved $\alpha$-desintegrasjon blitt omdannet til U-235 (halveringstiden er 24 000 år). Nå har en påvist at det har vært et relativt lite bidrag til det totale antall fisjoner fra Pu-239, grunnet på den lille forskjell det er mellom fisjonsutbytte kurvene for U-235 og Pu-239. En meget omhyggelig analyse av isotopfordelingene i Nd, Sm, Gd, Ru og Pd ga som resultat at 93 % av fisjonene hadde funnet sted i U-235, 3 % i U-238 og 4 % i Pu-239. Dette må da bety at reaksjonstiden har vært så lang at nesten alt Pu-239 har fått tid til å omdannes til U-235. En anslår derfor nå at varigheten av kjedereaksjonene kan dreie seg om anslagsvis 600 000 år.

Den enormt lange reaksjonstiden gir et temmelig moderat fluksnivå ca. 8 x $10^7$ neutroner/(cm · s). Den totale energiutvikling er anslått til 100 TWh, altså noe i overkant av Norges samlede elektrisitetsproduksjon i løpet av ett år. Effektnivået i Oklo reaktorene blir imidlertid beskjedent ca. 15 kW, og det svarer til en liten forskningsreaktor i våre dager.

### *Kontroll av reaktorene*

Et interessant problem er hvorledes naturen har kunnet kontrollere kjedereaksjonene i uranleiene over et så langt tidsrom. Her er det muligheter for flere teorier, og det synes som om problemet ikke på noen måte er helt avklart.

En må forklare både den «daglige» kontroll og i tillegg utbrenningsfenomenene, blant annet hvorledes tap av uran som «brennes opp» har




FIGUR 2.
$K_{eff}$ SOM FUNKSJON AV VANNINNHOLD I URANMALMEN

blitt kompensert. Det er to prinsipielt forskjellige kontrollmetoder som her peker seg ut, en mener at den daglige kontroll kan ha skjedd ved variasjon av vanninnholdet, og at langtidskontrollen kan forklares ut fra geokjemiske forhold.

Fra kurvene i fig. 2 ser vi at små variasjoner i vanninnholdet gir store variasjoner i $k_{eff}$, så prinsipielt er det meget sannsynlig at stabilisering av kjedereaksjonen, (dvs. å holde $k_{eff}$ = 1 til en hver tid under prosessen) har foregått ved variasjon i vanninnholdet som er suget opp i malmen. En økning i $k_{eff}$ fører til høyere temperaturer, som igjen fører til fordampning av vann. Dermed minker etterhvert vannholdet og $k_{eff}$ vil så synke i verdi igjen og temperaturen avtar. Fordampningen avtar, nytt vann suges inn i porene, og $k_{eff}$ kan igjen stige og slik kan prosessen fortsette.

### *Brennbare reaktorgifter*

Det blir atskillig mer problematisk å forklare særlig detaljert «utbrenningen» av reaktorene over et så langt tidsrom. Hypotesen om at stadig nytt uran ble avsatt i løpet av dette tidsrom synes å være lite aktuell. Derimot har Naudet gitt en ganske plausibel forklaring ved å anta at reaktorene til å begynne med inneholdt bor og noen av lanthanidene og at disse virket som «brennbare gifter». En «brennbar gift» i våre dagers reaktorer er et element som har meget stort absorpsjonstverrsnitt for termiske neutroner som f. eks. bor eller gadolinium, og dette elementet kompenserer i begynnelsen av reak-

torens levetid for overskuddsreaktiviteten, men etterhvert som denne «brukes opp» omdannes de aktuelle bor eller gadolinium nuklider til isotoper med liten neutronabsorpsjon. En kommer ut fra disse modellstudiene til at «reaktorene» ikke har startet samtidig, men at reaksjonene har startet enkelte steder når uranavsetningene har vært store nok, neutronfluksen har lekket ut til områdene omkring og der sørget for at en del av «giftene» brant opp, og kjedereaksjonene spredde seg så over et større område. I virkeligheten må en regne med at det har foregått en vekselvirkning mellom flere forskjellige reaksjonssoner. En må da forutsette at f. eks. bor har vært tilstede i en viss konsentrasjon i uranleiene. Dette er meget sannsynlig da leire alltid inneholder noe bor og alle prøvene som er analysert inneholder noe leire. (Kloritt som utgjør en vesentlig del av «gråberget» er et typisk leirmineral). Det bor som en i dag kan påvise i prøvene (20–250 ppm) har kommet til siden, idet det ikke har vært utsatt for bestråling. Det er nettopp slike små mengder av «gifter» som skal til for å gi den ønskede kompensasjon, 100 ppm bor og 10–20 ppm av samarium og gadolinium vil f. eks. være tilstrekkelig for en gitt urankonsentrasjon.

For å komme nærmere inn på løsningen av problemene omkring kontrollen av kjedereaksjonene over så lang tid, må en blant annet få bedre metoder for å måle meget lave verdier av den integrerte neutronfluks. Og hele problemet er naturligvis sterkt knyttet til den geokjemiske beskrivelse av området innenfor det angjeldende tidsrom.

### *Oklo «reaktorene» og problemene med lagring av radioaktivt avfall*

Fenomenet i Oklo er naturligvis av betydelig interesse for geovitenskapene, men en har også sett mulighetene for en mer praktisk nytte av de funn som er gjort. Både franske og amerikanske forskere som arbeider med problemene omkring permanent lagring av høyaktivt avfall fra kjernekraftindustrien i stabile geologiske formasjoner, så tidlig betydningen av de «fossile» reaktorer.

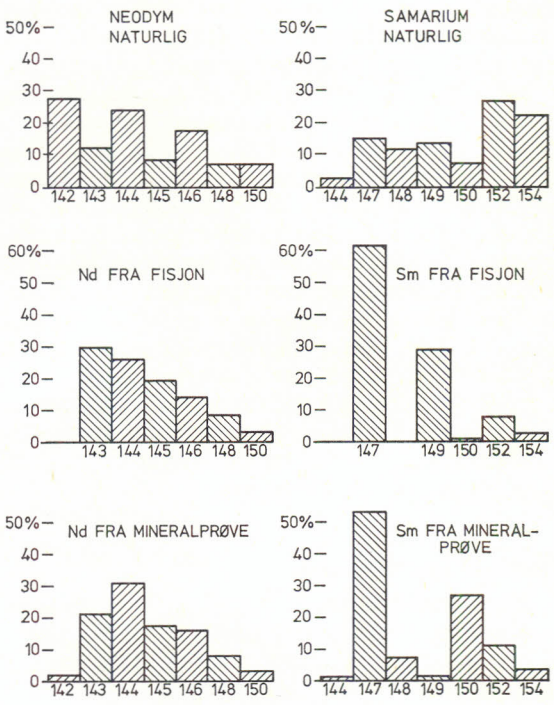
Ett av de mest åpenbare resultater av undersøkelsene hittil er naturligvis det faktum at naturen her har lagret omkring 10 tonn med fisjonsprodukter over et tidsrom på nesten 2 milliarder år.

Prøver som ikke var bestrålt i Oklo malmen inneholder den normale fordeling av isotoper av f. eks. elementene neodym, samarium og gadolinium. Prøver fra reaksjonssonene der en fant det unormalt lave U-235 innhold, inneholder en markert forskjellig isotopsammensetning for de samme elementene. Isotopsammensetningen er her meget lik den en finner når disse elementene dannes ved fisjon av U-235. Dette er vist i diagrammet i fig. 3 for neodym og samarium. Det samme forhold gjelder også for en rekke andre elementer som Y, Nb, Ru, Rh, Pd, Ag, Te, La, Ce som alle er fisjonsprodukter fra U-235 fisjonen. De absolutte mengder av de aktuelle isotoper fra fisjon av U-235 for de nevnte elementer er bestemt og korrigert for naturlig bakgrunn av samme isotoper i ubestrålte prøver. Resultatene viser at disse fisjonsproduktene har vært på stedet i den samme geologiske formasjon siden kjedereaksjonene fant sted.

All aktivitet av fisjonsproduktene er dødd ut, en finner bare sluttproduktene for de ulike kjedene. Det er ikke tale om å påvise noe plutonium (halveringstid 24 000 år) og heller ikke U-236 med halveringstid på 24 mill. år.

### *Forflytning av fisjonsprodukter*

Vi har allerede sett at ut fra reaktorfysiske grunner må en anta at nesten alt plutonium




FIGUR 3.
ISOTOPSAMMENSETNING AV Nd OG Sm FRA NATURLIG FOREKOMST FRA FISJON OG FRA MINERALPRØVER FRA OKLO. (Massetall angitt på horisontale akser. Data fra ref.(5)).

som ble produsert i de «fossile» reaktorer har blitt på stedet under hele reaksjonstiden og omdannet til U-235. For å studere en eventuell forflytning av fisjonsproduktene innen uranmalmen selv ble det tatt i bruk en spesiell teknikk. som ved hjelp av jonesonder bestemmer et bilde av fordelingen av de ulike elementer i en prøve innenfor et lite område på 250 $\mu$m med en rommelig oppløsningsevne på ned til 1 $\mu$m. Denne metodikk kan også brukes til å måle fordeling av isotopforhold og til bestemmelse av konsentrasjonsverdier av elementene innenfor 20–60 $\mu$m i prøvene. Denne jonemikro-analyseteknikken ga blant annet som resultat at La, Ce, Pr, Nd, Eu, Sm og Gd bare ble funnet innenfor urankornene i malmen. Det samme kunne en påvise for Ru, Rh, Pd, Y og Nb. Noe mer usikre var resultatene for Zr, og for alkaliemetallene, og for jordalkaliemetallene ble det påvist at disse hadde forandret plass. Ved å bruke samme teknikken for U-235 og U-238 kunne en i de bestrålte prøvene påvise at disse to nuklidene befant seg i nøyaktig samme posisjon innenfor urankornene. Dette ville ikke vært tilfelle dersom plutonium i løpet av sin levetid hadde beveget seg mer enn noen få $\mu$m. Det er stor kjemisk likhet mellom lanthanidene og aktinidene og derfor antar en at disse har oppført seg noenlunde likt. En skulle derfor kunne regne med at alle tyngre elementer fra actinium og oppover har blitt på stedet, selv om dette bare er påvist for plutonium og thorium.

Som en foreløpig konklusjon på undersøkelsene av lagringen av fisjonsproduktene i de «fossile» reaktorene, uttaler den amerikanske gruppen som har deltatt i prosjektet at følgende elementer sannsynligvis har forflyttet seg i en betydelig grad: Kr, Xe, Rb, Cs, Sr, Ba, Mo og I. (Det er forøvrig meget få data enda for de elementene som hører til i «bunnen av dalen» på fisjonsutbyttekurven). Resten av fisjonsproduktene ser ut til å ha vært svært lite bevegelige.

*Lagring av radioaktivt avfall*

Med tanke på lagring av radioaktivt avfall i våre dager er Sr og Cs viktige elementer i denne sammenheng. Bevegeligheten av Sr var så stor at dette elementet helt ble skiftet ut. Men tiden dette kan ha tatt kan ha vært meget lang sammenliknet med halveringstiden for Sr-90 (28 år).

Det gjenstår en del undersøkelser før en kan trekke de endelige slutninger om utbredelsen av fisjonsprodukter fra reaksjonssonene i Oklo. For eventuelt å kunne overføre disse resultater til påtenkte lagringssteder i andre stabile geologiske formasjoner, trengs det som en kan vente nøyere studium av de geokjemiske og geologiske forhold på vedkommende sted. Men det store materiale en har samlet fra studiene av de «fossile» reaktorene har gitt en usedvanlig god kunnskap om den geokjemiske stabilitet av disse typer mineraler, og dette vil naturligvis være av den største betydning når mulige lagringsplasser for radioaktivt avfall skal undersøkes i våre dager. Av enkeltstående resultater av undersøkelsene hittil på dette område, er vel det faktum at plutonuim har vært stabilt lagret i disse formasjonene hele dets levetid et av de mest bemerkelsesverdige.

*Har det vært «fossile» reaktorer andre steder på jorden?*

De «fossile» reaktorene i Oklo er de eneste en kjenner hittil, men mange vil naturligvis spørre om dette er et enkeltstående fenomen, eller om det har hatt en viss utbredelse i jordens oldtid. I alle fall må det være svært lenge siden slike reaksjoner foregikk i det U-235 innholdet av malmen må ha vært av en viss størrelse. En tidsfaktor på en milliard år gir et U-235 innhold på ca. 1,5 % og lavere innhold enn dette er det sannsynligvis ikke realistisk å regne med.

Nå måtte i tilfelle også stedet der slike reaksjoner skulle ha foregått vært stabilt i en tilsvarende lang periode dersom intakte reaksjonssoner skulle kunne finnes. Store deler av jordskorpen har vært utsatt for enorme forandringer over så lange tidsrom, men en regner med at det ennå finnes formasjoner fra prekambrium i betydelige deler av jordskorpen. Men det anses som sannsynlig at svært få strukturer har gjennomgått så lite metamorfose som uranleiene i Oklo.

Foruten tilstrekkelig innhold av U-235 måtte en også ha malm med lavt innhold av neutronabsorberende stoffer og likeledes omgivende mineraler som kunne ta opp tilstrekkelig med vann for å gi den nødvendige termalisering. Uten å få dannet termiske reaktorsystemer, er det lite håp om at kjedereaksjonene kunne ha kommet igang i det hele tatt. (Dette blant annet fordi $\eta$ synker markert når neutronenes energi kommer over i det epitermiske energiområdet som vil være det dominerende ved ufullstendig termalisering.)

Skulle betingelsene likevel ha vært tilstede, er det håp om å påvise dette ved undersøkelse av meget gamle uranmineraler. Ved nemlig å påvise avvik i isotopsammensetningen hos Se, Ru, Pd

og Te i slike mineraler, kunne en finne forholdsvis sikre spor etter fisjonsprosesser, fordi disse elementene dannes forholdsvis rikelig i fisjonen av U-235, men de er ellers lite utbredt i jordskorpen. Franske forskere har hittil undersøkt svært gamle uranmineraler fra Kola halvøya (alder 3,0 x $10^9$ år) og fra Øst-Grønland (alder 3,7 x $10^9$ år) for eventuelt å påvise «unormal» sammensetning hos Ru, men dessverre har den eksperimentelle teknikk som er brukt hittil ikke gitt nøyaktige nok resultater. Så foreløpig ser det ut til at dette problem ikke har fått noen avklaring.

*Ingen engstelse*

Av det som er sagt foran skulle det fremgå at det er liten sannsynlighet for at naturen har brent opp nevneverdige mengder av U-235 i tidligere geologiske perioder. Vi behøver således ikke være særlig engstelige for at våre overslag av tilgjengelig uran i jordskorpen er vesentlig uriktige av denne grunn. Som vi har sett tidligere er det bare i svært konsentrerte uranmalmer (konsentrasjoner over ca. 25 % U-innhold i Oklo f. eks.) at det vil ha eksistert muligheter for kjedereaksjoner. Nå er det svært lite av jordens totale kjente uranforekomster som har større U-innhold enn 5 %, størrelsesorden av denne mengde er av Brinck (4) rent statistisk anslått til under ca. 10 tonn for lett tilgjengelige malmer, mens den vesentlige verdens kjente reserve av «billig» uran er anslått til å være ca. 860 000 tonn U, hovedsakelig malm med middlere konsentrasjon i området 0,1–0,2 % U.

Til nå må en medgi at de «fossile» reaktorer i Oklo fremstår som et helt enkeltstående fenomen. Fremtidige undersøkelser vil vel vise om de «fossile» reaktorer er mer alment utbredt, og da vil en også få klarhet i om fenomenet skulle ha en større alminnelig geologisk betydning.

*Litteratur*


1 Le Phenomene D'Oklo. IAEA Proceedings Series, Vienna 1975.
2 Kuroda, P. K. J. Chem. Phys. *25* (1956) 781.
3 Andersen, E. Hva er en kritisk reaktor? F.F.V. nr. 2, 1965.
4 Formation of Uranium Ore Deposits. IAEA Proceedings Series. Vienna 1974, p. 21.
5 Naudet, R. OKLO: Des Reacteurs Fossiles, La Recherches, no. 57 juin 1975, p. 508.


---

(*forts. fra side 50*)

ori, men metoden fikk sin egentlige oppblomstring i 1971, da den ble omformulert og anvendt på teorien for 2. ordens faseoverganger (kritiske fenomener) av K. Wilson. Teorien er først og fremst nyttig i situasjoner med ikke-analytisk oppførsel eller singulariteter av ulike slag, hvor perturbasjonsteori, selv-konsistent-felt metoder etc. bryter sammen.

De fleste anvendelser hittil har vært på kritiske fenomener. M. Fisher ga en innføring i de sentrale RNG begreper, spesielt ε-utviklingen (en rekkeutvikling av kritiske eksponenter i $\varepsilon = 4\text{-}d$, hvor d er systemets dimensjonalitet. E. Brézin demonstrerte sammenhengen mellom Wilsons teori og den feltteoretiske formulering av RNG. En alternativ RNG teori, som ikke benytter ε-utviklingen og som er anvendbar på faseoverganger i spinnsystemer, ble foredratt av J. M. J. van Leeuwen. A. Aharony (sp) ga en smaksprøve på de forbløffende mangeartede kritiske fenomener som kan forekomme ved strukturelle faseoverganger og i uordnede magneter, mens H. Wagner (sp) anvendte RNG-metoder på studiet av kritisk dynamikk, dvs. oppførselen av transportkoeffisienter nær en faseovergang.

Det ble imidlertid åpenbart for kursdeltakerne at med RNG har teoretikere fått et redskap som gir lovende muligheter til å knekke mange andre harde nøtter i mangepartikkelfysikk og felt-teori. J. Solyom og A. Luther snakket om sine studier av en-dimensjonale metaller, og viste hvordan fasediagrammet er avhengig av den effektive vekselvirkning mellom elektronene. L. P. Kadanoff beskrev hvordan RNG kan anvendes på modeller av elementærpartikler hvor kvarker og strenger plasseres på et gitter. P. G. de Gennes (sp) studerte statistiske genskaper til polymer-oppløsninger, mens D. Nelson (sp) hadde undersøkt hvordan en væske som man rører i, oppfører seg ved lange bølgelengder og lave frekvenser.

Renormaliseringsgruppe-metoder er tydeligvis kommet for å bli, og deltakerne vil sikkert få nytte og glede av den innsikt de ervervet seg på kurset.

*Tore Ottinsen*

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim — NTH

## Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dr. philos. Tormod Riste, Inst. for Atomenergi, Kjeller.

Styre: Professor dr. philos. Arnfinn Graue, Universitetet i Bergen.
Amanuensis Ove Bratteng, Universitetet i Tromsø.
Dosent dr. philos. Thormod Henriksen, Universitetet i Oslo, Blindern.
Dosent Ivar Svare, Ph.D., Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.

Selskapets sekretær:
Gerd Jarrett, Nøytronfysikkavdelingen,
Institutt for Atomenergi, Boks 40, 2007 Kjeller.

Postgirokonto: 5883889 Bankgirokonto: 5102.20.16001


## Fra Fysikkens Verden

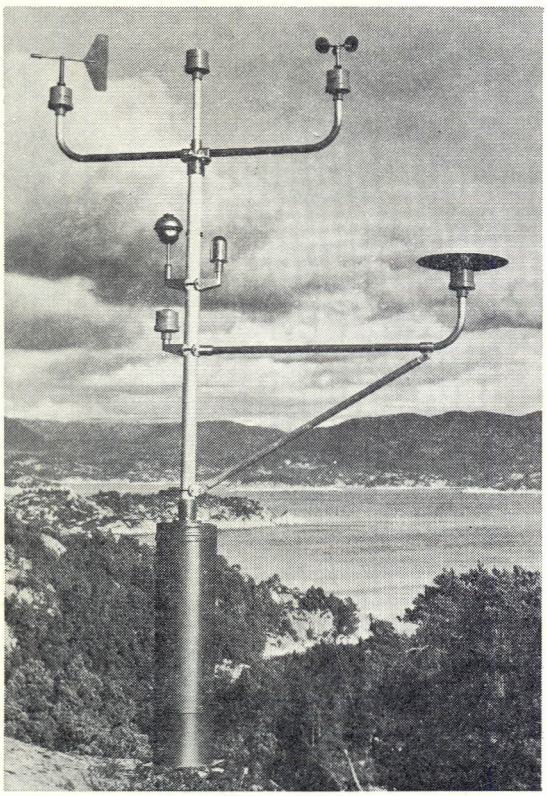
Redaktør:
Professor dr. techn. Haakon Olsen, Universitetet i Trondheim, Norges Lærerhøgskole.
Redaksjonssekretær:
Lab.ing. Halvard Torgersen, Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.
Redaksjonskomité:
Lektor K. Jostein Knutsen
Luftkrigsskolen, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer, Universitetet i Oslo, Blindern.
Forsker, cand. real. Olav Steinsvoll, Institutt for Atomenergi, Kjeller.
Dosent Leif Owren, Ph.D., Univ. i Bergen.
Fagsekretær Helge Klemsdal, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN Genéve.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 20,00. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 15,00.

Sekretær: Gudrun Græsmann.
Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim,
Norges lærerhøgskole,
7000 Trondheim.

Postgirokonto: 10472 Bankgirokonto: 8601 3612279





**KLIMASTASJON 2436**
er bygget opp omkring datalogger DL-1 som har samme måleprinsipp og registrering som den anerkjente Aanderaa strømmåler RCM4. Dataloggeren og de fleste følere har vært produsert og brukt i en årrekke til forskjellige måleprosjekter.

**STRØMMÅLERE**

For registrering av styrke, retning og temperatur av havstrømmer. Instrumentene kan også utstyres med følere for registrering av dybde og ledningsevne.

**TEMPERATUR MÅLERE**

For registrering av vertikale temperatur profiler i sjø og vann.

**VANNSTANDSMÅLERE**

For nøyaktig registrering av vann-nivå.

**KLIMASTASJONER**

For montasje på land eller bøye.

**DATALESINGSUTSTYR**

For oversetting av registrerte data til EDB media.

AANDERAA INSTRUMENTS
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR
Fanaveien 13, 5050 Nesttun, Tel. (05) 27 40 30, Telex 40049aan


Aktietrykkeriet Trondhjem