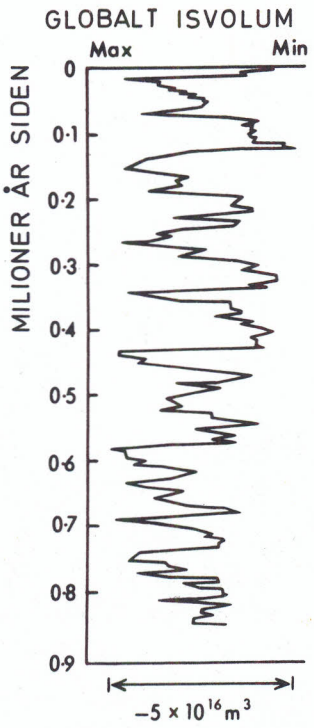
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Fra redaktøren	49
Referat fra NFS's årsmøte 1978	49
Årsmelding 1977/78	51
Risikoanalyse; referat fra Fysikermøtet	53
Hewlett-Packard prisen 1978	56
Resolusjon fra Fysikermøtet	57
8. Nordiske Halvledermøte	57
Biofysikermøtet 1978	57
Sorte hull er varme	60
Brev fra leserne	62
Klimaet og klimaforskning	63
Magnetisk flukstetthet i spoler	69
Bøker	52 , 68



Variasjoner i det globale is-volum de siste 900 000 år.
Se artikkelen om klimaet og klimaforskning på side 63.

Nr. 3 - 1978
40. årgang
ISSN-0015-9247

Vi tror på et annet system

En ny trend dominerer utviklingen innen EDB: Desentralisert databehandling med mindre maskiner. En langt mer effektiv form for databehandling – men også et problem for mange. For hvordan skal de kunne henge med utviklingen når de allerede er bundet til et anlegg basert på en sentral stormaskin?

Det finnes en effektiv løsning på det problemet: I stedet for å kjøre terminaler mot forskjellige stormaskiner kan lokal og sentral databehandling lett kombineres med et NORD-system. Systemet kan kjøre mot flere stormaskiner på en gang – *samtidig* som det tar hånd om lokale on-line oppgaver, programutvikling og lokal dataregistrering. Slik kombineres fordelene ved både stormaskiner og lokal databehandling.

Med NORD-systemet tilbyr vi mer enn et datasystem – vi tilbyr myk overgang til fremtidens EDB-form. Før eller senere vil du gå over til desentralisert databehandling. Det er mye å vinne på å begynne overgangen nå.

Vennligst send oss nærmere informasjon om NORD datamaskinsystemer. Vi har behov for:

☐ Systemer for teknisk databehandling.
☐ Systemer for administrativ databehandling.

Navn: .....
Tittel: .....
Firma: .....
Adresse: .....
Telefon: .....

NORD- det fremtidssikre systemet

Norsk Data A.S

Lørenvn. 57, Postboks 163, Økern, Oslo 5.
Tlf. (02) 21 73 71/22 80 90.

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Redaktør: OLAV STEINSVOLL
Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

Nr. 3 - 1978
40. årgang
ISSN-0015-9247

FRA REDAKTØREN

Fysikermøtet ér nå unnagjort for i år, og ble avviklet med rekorddeltakelse. Lista over foredrag omfattet to nobelprisvinnere og dette trakk sikkert folk til møtet. Været var svært bra og bidro sitt til at både ekskursjonen til Veritas og festen på Holmenkollen ble meget vellykket. Foredrag fra møtet og referater av diskusjoner vil sette sitt preg på numrene av FFV i høst.

Klima og klimaforskning er av stor interesse for menneskenes framtidsutsikter her på jorda. I de siste åra har en fått sikrere data for hvordan klimaet har skiftet på jorda i løpet av de siste 2 millioner år. Menneskenes storstilte utnyttelse av jordoverflaten og forstyrring av energistrømmer og temperaturfordeling har innført nye faktorer som må tas hensyn til ved klimaforskning, men framleis er det vel de naturlige faktorene som spiller den dominerende rolle for klimaet.

Det kan være på sin plass å minne om at Vervarslinga på Vestlandet ble opprettet for seksti år sida. Dette representerte et praktisk gjennombrudd for de teoretiske værmodeller som professor V. Bjerknes og hans medarbeidere hadde utviklet. I åra 1918 til 1922 ble lavtrykksmodellen skapt, og en kunne gi kortsiktige stormvarsler av livsviktig betydning for sjøens folk. Utviklingen innen meteorologi har siden den gang ført til sikrere værprognoser og til langtidsvarsler. Artikkelen til A. Grammeltvedt viser at geofysikerne nå begynner å forstå årsakene til klimaendringene på jorda og prøver å stille opp globale modeller for disse.

Det kommer vel som en overraskelse for mange at teoretikerne mener at de «sorte hull» er varme og stråler ut energi som fra den svarte boksen vi husker fra termodynamikken. F. Ravndal refererer de siste resultater fra denne forskningsfronten.

I artikkelen til H. Sollie får vi repetert utledningen av formelen for flukstettheten i solenoider og presenteres for en enkel formel som kan ha verdi i skolesammenheng.

Referat fra NFS's årsmøte 1978

Norsk Fysisk Selskap hadde årsmøte på Blindern 15/6 1978 kl. 16.00. Formannen T. Riste ønsket velkommen til møtet. Det var ingen bemerkninger til innkallelsen eller til saklisten. Referent G. Jarrett.

Sakliste

1. Referat frå årsmøtet 1977 (sjå FFV nr. 3, 1977)
2. Årsmelding (se side i dette heftet)
3. Rapportar frå dei faglege utvala
4. Rapport frå Norsk Fysikkråd
5. European Physical Society
6. International Union of Pure and Applied Physics
7. Resolusjonar til støtte for fysikarar som blir utsette for harde brot på menneskerettane
   a) prinsippdebatt
   b) resolusjonsframlegg vedrørande argentinske fysikarar (sjå FFV nr. 1, 1978)
8. Fra Fysikkens Verden
9. Rekneskap for 1977 for NFS og FFV
10. Budsjett for 1978 og 1979 for NFS og FFV
11. Val
    a) styre i NFS
    b) revisorar og valkomité
    c) Norsk Fysikkråd
12. Fysikarmøtet 1979
13. Eventuelt

Det var ingen kommentarer til referatet fra årsmøtet 1977 eller til årsmeldingen. Formannen nevnte at det burde vært med i årsmeldingen at han hadde deltatt på kontaktmøte for nordiske fysikere på NORDITA 31/5 i år. Der hadde bl.a. Physica Scripta blitt drøftet. Dette tidskriftet har hatt stor fremgang både når det gjelder kvalitet og omfang.

Pkt. 3. Rapporter fra de faglige grupper.

Akustikk. Styre: W. Løchstøer, formann, G. Flottorp, M. Kringlebotn. Utvalget har sammen med Norsk Akustisk Selskap arrangert et faglig møte i Trondheim i november. Møtet samlet 44 deltagere.

Biofysikk. Styre: T. Melø, formann, K. Eik-Nes, A. Dahler, E. Sagstuen, E. Boye. Dette utvalget arrangerte Biofysikkmøtet på Blindern 8. og 9. mai. Det vil komme eget referat fra seminaret, som ble arrangert i forbindelse med 20-års jubileet for ESR i

Norge. Under seminaret diskuterte man også biofysikkens stilling i Norge med henblikk på utdanning på høyere og lavere nivå, og arbeidsplasser for biofysikere innen forskning, industri og skolen. Det ovennevnte styre ble valgt under seminaret. Et nytt biofysikkseminar planlegges holdt i Trondheim i juni 1980.

Datafysikk. Interimstyre: G. Fladmark, formann, T. F. Thorsteinsen, J. Trulsen, F. Ingebrigtsen. Denne gruppen har hatt vanskeligheter med å komme igang, en av grunnene er at styret sitter så spredt en annen er at det er vanskelig å definere hva datafysikk er. Fladmark fikk fullmakt til å danne et nytt styre.

Faste Stoffer Fysikk. Styre: J. S. Johannesen, formann, O. Hunderi.
I 1977/78 har styret i fagutvalget for faststoff-fysikk hatt sete i Trondheim. Hovedinteressen har i denne perioden vært rettet mot halvledermaterialer og overflatestudier. Disse felter ble grundig debattert under det 8. Nordiske Halvledermøte som ble arrangert på Røros Turisthotell 29/1—1/2 i år, hvor bl.a. William Shockley var foreleser. Ellers har styret planer om et overflatefysikkseminar. «Er synkrotronstråling noe for oss nordmenn» er foreslått som hovedtema.

Generell Teoretisk Fysikk: Styre: P. C. Hemmer, formann, M. Kolsrud, S. Skavlem. Ingen rapport.

Geofysikk, ionosfærefysikk, romforskning: Styre: O. Egeland, formann, O. Dahl, O. Holt, B. Mæhlum, F. Søraas og S. Ullaland. Utvalget er identisk med NTNFs utvalg for romforskning. Utvalget har regelmessig møtevirksomhet og utgir hvert år en fyldig rapport om sin virksomhet. I februar 1979 planlegges et internasjonalt møte parallelt med og på samme hotell som plasmamøtet.

Lavenergi kjernefysikk. Styre: T. Engeland, J. Rekstad, G. Løvhøiden. Etter avtale med nordiske kolleger har det i år ikke vært arrangert noe vintersymposium i kjernefysikk. Neste møte er planlagt til august 1979 i Sverige. — To av utvalgets medlemmer har deltatt i arrangementskomiteen for «Nordic Spring Symposium on Atomic Inner Shell Phenomena» på Geilo 17.—21. april 1978. Her ble emner i grenseområdet mellom atom- og kjernefysikk behandlet.

Optikk, atom- og molekylærfysikk m/spektroskopi. Styre: T. Jæger, formann, O. J. Løkberg, A. Lofthus, O. Harang. Ingen rapport.

Partikkelfysikk. E. Lillestøl, formann, V. Bakken, K. Mork. Lillestøl avla rapport. Utvalget har hatt et møte i perioden 77/78 i forbindelse med det 5. nordiske møte i partikkelfysikk på Spåtind i januar 1978, hvor den nye CERN følgeforskningsbevilgningen var viktigste punkt på dagsorden. Det ble ytret ønske om at partikkelfysikere burde få medinnflytelse på fordelingen av midlene.

Plasma- og gassutladningsfysikk. Styre: G. Berge, formann, H. Skullerud, B. Grandal. Gruppens aktivitet har bestått i å arrangere det årlige plasma- og gassutladningssymposium som ble holdt på Gausdal 5.—8. februar 1978. Det ble i år lagt spesiell vekt på teknologiske problemer ved fusjonsreaktorer av type Tokamak.

Undervisning: G. André, formann, A. Halsteinslid, T. Alstadheim. Undervisningsutvalget har i løpet av året ytterligere forsterket internasjonale kontakter angående fysikk i skolen. Etter at det ble kjent at Norsk Fysikkråd hadde til hensikt å engasjere seg i problemene angående fysikk i skolen nasjonalt, har undervisningsutvalget vært noe forsiktig med å ta nye initiativ. Imidlertid stiller de seg avventende for å se hva som skjer.

Pkt. 4 Formannen i Norsk Fysikkråd, J. Løvseth rapporterte. Årsmeldingen vil bli gjengitt i Fra Fysikkens Verden.

Pkt. 5 Formannen, T. Riste, fortalte fra EPS. Økonomien er nå så god at det er mulig å ta opp nye aktiviteter, Conference Abstracts har slått godt an, på tidsskriftsektoren arbeides det ellers med planene om et tidsskrift for fysikklærere. EPS' konferansekomité er meget aktiv og gir nå støtte til mer enn tredjeparten av de internasjonale konferanser som organiseres i Europa. Østlandene er kommet med i sterkere grad enn før. For å få EPS' «Sponsorship» til et møte må arrangøren tilfredsstille visse kvalitetskrav. Formannen oppfordret igjen medlemmene av NFS til å utvide sitt medlemsskap til «individual ordinary membership» av EPS.

Pkt. 6 IUPAP. Sammen med professor Westin danner styret i NFS Den Norske Nasjonalkomiteen for IUPAP. Prof. Wergeland er med i styret for IUPAP. Den XV. generalforsamling holdes i Stockholm 17.—20. September i år. NFS har søkt NAVF om støtte til å sende 3 delegater.

Pkt. 7 Det henvises til artikkelen i FFV nr. 1, 1978 om solidaritet med fysikerne i Argentina.

a) Man hadde først en prinsippdebatt om NFS skulle ta opp slike saker og om det ble gjort, når og hvordan skulle det reageres? Det ble henvist til resolusjonen som ble sendt til Sovjet for 4 år siden. NFS har også fått brev fra American Physical Society med anmodning om samarbeid om slike saker. Det var stort sett enighet om at NFS bør støtte aksjoner til hjelp for fysikere som blir utsatt for overgrep. Styret la frem forslag til retningslinjer for styret i slike saker, disse ble vedtatt med et par små forandringer:

Retningsliner for NFS for aksjonar til hjelp for fysikarar som blir utsette for overgrep som er brot på menneskerettane

1. NFS bør reagere når fysikarar blir utsette for overgrep som er brot på menneskerettane.
2. Styret i NFS kan ta slike saker opp til vurdering på oppmoding av medlemmer i selskapet.
3. Overgrepa skal vera godt dokumenterte for at NFS skal reagere, t.d. gjennom Amnesty International eller andre truverdige kjelder.
4. Reaksjonen frå NFS bør skje i form av resolusjonar, brev til styremaktene i landet der overgrepa skjer, eller på annen måte tilpassa kvart einskilt tilfelle. Om mogleg bør reaksjonen koordinerast med andre lands fysiske selskap.
5. Styret i NFS vurderer om det verkar uheldig å vente med ein aksjon til neste årsmøte i selskapet. Styret får i slike tilfelle fullmakt til å reagere på vegne av selskapet.

b) Det fremlagte resolusjonsforslag til President Videla ble vedtatt med noen forandringer. Bl.a. ble det vedtatt å sløyfe kildereferansene. *) Det vil bli sendt kopi av resolusjonen til Utenriksdepartementet, ellers har Amnesty International regler for hvem som skal ha kopier. Resolusjonen vil bli oversatt til spansk og engelsk, og det vil bli sendt ut pressemelding.
I forbindelsen med resolusjonsforslaget refererte

formannen et brev fra prof. Wergeland som ber om at IUPAPs styre må bli informert om saken, som trenger et utspill for å ta opp igjen arbeidet med å forsøke å hjelpe fysikere i landflyktighet. Det er bl.a. foreslått å forsøke å skaffe penger til ett-årige stillinger ved IAEA's institutt i Trieste. Det ble vedtatt at styret skal arbeide videre med saken sammen med Wergeland.

Pkt. 8 Redaktøren, O. Steinsvoll fortalte at tidsskriftets økonomi nå er noe bedre. Etter omlegging til ny trykkemetode er trykkeriutgiftene gått en god del ned. Styret har bestemt at det ikke skal betales forfatterhonorar, men at det isteden gis et gratis medlemskap i selskapet for 1 år. Tilgangen på stoff er ganske bra, men det er fremdeles vanskelig å få forfatterne til å skrive populært nok. Det tidligere planlagte nordiske prøvenummer av FFV strandet på at de andre nordiske land ikke var interessert nok til å sende inn stoff. Physica Scripta skal nå kunne brukes som nordisk meldingsblad.

Pkt. 9 Regnskapene for 1977 for NFS og FFV ble godkjent uten kommentarer.

Pkt. 10 Budsjettforslagene for NFS og FFV for 1978 og 1979 ble godkjent.

Pkt. 11 Det var enighet om at for fremtiden bør valgene komme tidligere på saklisten da det nå var mange som hadde gått.

a) Valgkomitéens forslag ble enstemmig vedtatt, bortsett fra at E. Osnes ble valgt til varamann istedenfor Feder som skal reise bort. Fra 1/1 1979 vil styret ha følgende sammensetning: T. Riste, formann, R. S. Sigmond, viseformann, O. Bratteng, K. Myklebost, T. Engeland. Varamenn er: E. Osnes, J. Løvseth, H. Høgåsen, L. Owren, H. Pettersen.
b) R. Høier og J. Debernard ble gjenvalgt som revisorer. Ø. Hauge ble gjenvalgt som varamann. Som valgkomité ble valgt: Th. Henriksen, E. Lillestøl og I. Svare.
c) Følgende ble enstemmig valgt til medlemmer/varamenn til Fysikkråd:
O. Kaalhus, G. Løvhøiden, T. Riste, A. Sandås, J. Trulsen, alle gjenvalg, O. J. Løkberg, ny.

Pkt. 12 Det er Bergen som står for tur til å ha Fysikermøtet 1979, men da det er planlagt en stor neutrino-konferanse i Bergen på det tidspunkt Fysikermøtet pleier å være, kan det by på vanskeligheter. Bestemmelsen om hvor møtet skal være vil bli tatt senere.

Pkt. 13. Formannen fortalte at Simrad har lovet å gi kr. 10.000,— til en elektro-optikkpris annet hvert år, og at Norsk Data også vil gi en årlig fysikk-pris på kr. 10.000,—. Man vil også søke lærebokforlag om reisestipend for lærere som vil på Fysikermøtet.

Ellers ble det ytret ønske om at årsmøtet holdes tidligere på dagen. Møtet ble hevet kl. 18.30.

*) Se side 57

Årsmelding for Norsk Fysisk Selskap 1977—1978

Denne meldinga omfattar tida mellom årsmøta 22. juni 1977 og 15. juni 1978. Styret har vore:

Forskningssjef Tormod Riste, formann
Dosent Reidar Svein Sigmond, viseformann
Amanuensis Ove Bratteng
Førstelektor Torgeir Engeland
Førstelektor Kårmund Myklebost

Det har vore halde fire styremøte. Medlemstalet pr. 1/6 er 619 personlege medlemmer, av desse er 9 studentmedlemmer og 10 kollektive medlemmer.

Norsk Fysisk Selskap står som utgjevar av tidsskriftet «Fra Fysikkens Verden» som kjem ut fire gonger i året med eit opplag på 1600. I redaksjonen sit

Forsker Olav Steinsvoll, redaktør
Lab.ing. Halvard Torgersen, redaksjonssekretær
Førsteamanuensis T. Grotdal
Forsker Jan Myrheim
Førstelektor Ø. Holter
Lektor K. J. Knutsen
Fagsekretær H. Klemsdal

Frå og med nr. 3 1977 vert tidsskriftet trykt i offset ved NTH-trykk. Dette reduserte trykkingsutgiftene frå omlag kr. 10.500,— til kr. 7.500,— pr. nummer. Rekneskapen for tidsskriftet viste eit underskot på ca. kr. 4.300,— etter at selskapet hadde gjeve ei ekstraløyving på kr. 5.000,—. Styret har vedteke å sløyfe forfattarhonorar og i staden gje eit års gratis medlemsskap i selskapet.

Rekneskapen for selskapet for 1977 (tidsskriftet ikkje medrekna) syner eit overskot på kr. 3.778,—. Årskontingenten vart frå 1/1 1977 sett til kr. 60,—, studentar betaler kr. 30,—. Tilskotet frå kollektive medlemmer var i alt på kr. 8.000,—. Desse er no kollektive medlemmer:

ASEA Per Kure A/S
Det Norske Veritas
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 1977 vart halde ved Norges Tekniske Høgskole i Trondheim 21.—23. juni, med 123 deltakarar. Lista over inviterte foredrag var:

B. Lehnert: «Fusjonsforskning. Status og utviklingstendenser».
R. Nydal: «Observasjoner av ^{14}C og ^{3}H fra kjernefysiske eksplosjoner. Anvendelser».

W. T. Welford: «Optics today and tomorrow».
P. Pusey: «Photon correlation studies of dispersion of charged Brownian Particles».

I ein sesjon om skolefysikk var det desse innleiingsforedraga:

S. Sjøberg: «Utviklingstrekk og problemer i naturfaglig pedagogikk».
F. Berntsen: «Dagens situasjon for fysikken i den videregående skole».
A. Solheim: «Opplegget til skolerettet hovedfagundervisning i fysikk».

I ein annan sesjon om gradsstrukturen ved universitet og høgskolar vart det gjeve rapportar av

H. Holtan, NTH, A. Johnsson, UNIT, N. Norman, Oslo, A. Graue, Bergen, O. Holt, Tromsø.

Ekspedisjonssjef Anders Omholt leidde eit ordskifte om fysikk og fysikarar i næringslivet der desse var innleiarar:

J. Moe, Trondheim, B. Kjöllerström, Lund, O. Vesterhaug, Kjeller, og T. Vahl, Oslo

Det var elles 17 foredrag i parallelle sesjonar og 7 arbeid vart presenterte ved plakatar.

Om kvelden den 21. juni var det båttur til Munkholmen, med høve til fiske. Den 22. juni var det festmiddag på Lian restaurant.

Årsmøtet, som vart halde 22. juni er referert i «Fra Fysikkens Verden», *39* (1977) 49.

Ivar Svare møtte som norsk medlem i rådet for European Physical Society i Helsinki i mars 1978. NAVF gav støtte til reisa. Same tid og stad møtte K. J. Knutsen i den rådgjevande komitéen for undervisning. Kyrkje- og Undervisningsdepartementet betalte reisa.

Styret har løyvt pengar til konferansar som vart arrangerte av dei faglege gruppene i plasmafysikk, biofysikk, kjernefysikk og atomfysikk. Gruppene legg fram eigne meldingar på årsmøtet.

Med støtte i eit årsmøtevedtak frå 1977 har Styret lagt ned den faglege gruppa for fysikk og miljø.

Styret utgjer saman med professor Westin Den norske nasjonal komité for IUPAP. Komitéen har førebutt den norske deltakinga i den XVI generalforsamlinga som skal haldast i Stockholm i september 1978.

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

Kjeller, juni 1978

Tormod Riste

Tilføyelse

I forrige hefte var dessverre uteglemt at forfatteren av artikkelen «Elektrokjemiske strømkilder nå og i fremtiden», T. Våland, er forsker ved Forsvarets Forskningsinstitutt, Kjeller.

MEDLEMMER TATT OPP UNDER FYSIKERMØTET 1978

Cand.real. F.T. Ellingsen, Fysisk Institutt, Blindern.
Siviling. R. J. Gjervold, Det norske Veritas, 1322 Høvik.
Cand.real. O. A. Haugland, 2857 Skreia.
Cand.real. S. H. Haagensen, Oslo 3.
Cand.real. P. Kristiansen, Fysisk Institutt, Blindern.
Cand. real. J. M. Leinaas, Fysisk Institutt, Blindern.
Cand.real. G. J. Midttun, Fysisk Institutt, Blindern.
Cand.real. O. Kjeldseth Moe, Inst. for Teoretisk Astrofysikk, Blindern.
Cand.real. J. Pappas, Fysisk Institutt, Blindern.
Siviling. B. Pettersen, Det norske Veritas, 1322 Høvik.
Cand.real. P.A. Rikvold, Fysisk Institutt, Blindern.
Dr. A. T. Skjeltorp, Fysisk Institutt, Blindern.

STUDENTMEDLEMMER:

Knut H. Alfsen, Fysisk Institutt, Blindern.
Alex Hansen, Fysisk Institutt, Blindern.
Hans Kåre Fløe, Gruppen for teoretisk fysikk, Fysisk Institutt, Blindern.
Bjørn A. Johannessen, Fysisk Institutt, Bergen-U.
Sigurd Sannan, Fysisk Institutt, Blindern.

Bøker

R. Gatignol: Théorie Cinétique des Gaz à Répartition Discrète de Vitesses. Lecture Notes in Physics, Vol. 36. Springer-Verlag, Berlin 1975, 206 s., DM. 23,-

Boltzmannlikningen rundet de 100 for noen år siden, og det er en livskraftig hundreåring det dreier seg om. Rent bortsett fra alle problemene i forbindelse med utledning og generalisering av likningen, skal den også løses. Som begynnelsesverdi- og randverdiproblem. Og når en tenker på all den kompliserte fysikk som er sammenfattet i den langt enklere Navier-Stokes likningen, er det ikke til å undres over at *løsningen* av Boltzmanns ikke-lineære integrodifferensniallikning i syv variable i seg selv representerer et aktivt fagfelt etter over 100 år.

En måte å forenkle problemet på er å diskretisere hastighetsrommet. Det er denne metoden den foreliggende boka tar for seg og utvikler spesielt med sikte på å beskrive sjokkbølger. Fordelene ved angrepsmåten er åpenbare: Med et lite antall tillatte hastigheter kan problemene forfølges analystisk. Ulempene er til gjengjeld plagsomme: Ufysiske bevegelseskonstanter kommer i tillegg til de hederskronte, og hastighetsrommets manglende isotropi gir kvistete hydrodynamiske likninger.

Forts. side 59.

Referat av diverse foredrag om risikoanalyse på Fysikermøtet 1978

Rådgiver T. Sande, Oljedirektoratet, betonte teknologenes ansvar for at maskiner og systemer fungerte tilfredstillende teknisk og økonomisk og for at utstyret ikke gjorde skade på liv eller eiendom. For å oppnå dette er det vanlig at det blir benyttet spesiell analyseredskap for å oppfylle teknologenes plikter. *Risiko-* og *konsekvens*-analyse er de nye hjelpemidler for dette formål. Disse metodene forutsetter samarbeid og medansvar over faggrenser og stiller store krav til kommunikasjonsevne.

Risikoanalysen fikk store puff framover under siste verdenskrig da produksjonen av avansert militært utstyr skulle holdes under oppsikt. Stikkprøver ble tatt, men en måtte utvikle statistiske metoder for å behandle prøvene. Nye tenkemåter måtte gjennomføres ved opplastingen og transporten av utstyret i konvoiskip utsatt for angrep. Lastemåtene måtte gi høyest mulig sikkerhet for at alt utstyret kom fram intakt. En benyttet seg da av spillteori. Under krigen viste det seg også at elektronisk utstyr var ute av drift 80 % av tida. Nye metoder for å forhindre feil fra å opptre måtte utvikles. Komponentene og deres funksjon og levedyktighet ble undersøkt. Disse inngikk i større systemer, og systemenes funksjonsdyktighet ble tatt opp på bred front.

Utviklingen av samfunnet, så som fabrikker, kraftverk, transport og boliger er gått i retning av større enheter med stort skadepotensial. Samfunnet er også blitt mer bevisst på området ulykker og skader. Oversikter viser at de store trekk gjentar seg år etter år, og dette er realiteter vi må leve med. Men det er stort sett negative holdninger overfor risikoproblemer. Dette kommer vel av at følelsen av sikkerhet kan være svært irrasjonell blant befolkningen.

Hus, båter, bruer og dammer er konstruert for å tåle visse belastninger som er forutsatt. En kan bruke mer penger og få en sterkere dam og dermed større sikkerhet mot brudd. Vanligvis fins regler og tabellverk utarbeidet fra erfaring og analyse av slike konstruksjoner. Sannsynligheten for ulykker minker med ulykkenes omfang, og en kan sette opp kategorier som uhell, ulykker eller katastrofer alt etter deres størrelse. Når en skal gjennomføre en risikoanalyse faller den derfor i to deler, en *sannsynlighetsdel* for en hendelse og en *konsekvens-* eller *omfangsdel.*

Samfunnet eller bedrifter er ikke bra nok organisert til å ta hånd om behandlingen av risiko av ulike slag, og etterhvert må en ta skritt for å forbedre dette punkt. En måte er å forbedre regelverket på ulike områder, altså administrative tiltak. En kan få *spesialutdannede folk* til å ta seg av disse problemene, ansette verne- og sikkerhetssjef f.eks. Han bør ha direkte tilgang til toppadministrasjonen. Via *forsikringspremier* kan en også få øket sikkerhet ved tilbud om nedslag dersom visse tiltak blir truffet av sikkerhetsmessig karakter. Samfunnet er også gått i hardere retning slik at mulighetene for terrorhandlinger eller tyveri må forhindres i større grad enn før. Tiltak mot slikt må treffes allerede på planleggingsstadiet.

Det fins ulik filosofi når det gjelder risiko i forskjellige land. I noen land betones f.eks. viktigheten av rømningsveier og nødutganger ved brann, mens reglene i andre land legger mer vekt på å hindre at brann oppstår. I USA er det høy risiko for at brann oppstår mens skadenes omfang vanligvis er liten. I Japan derimot, er det lav risiko for brann mens konsekvensene kan bli fatale hvis brann inntreffer. Måten byggeforskrifter og regler er satt sammen på har altså stor betydning for brannforløp og ulykkesomfang. For oljeinstallasjonene i Nordsjøen kan vanlige kriterier ikke brukes, og en må her finne fram til nytt regelverk og nye beslutningskriterier.

Risikostyring er stort sett vanskelig, og økonomiske forhold spiller en stor rolle. I ulike sektorer i samfunnet legges ofte forskjellig vekt på hvor en skal spandere på sikkerhetstiltak. For den sum penger som blir brukt til å spare ett liv pr. år i Nordsjøinstallasjonene kunne en sikkert spare 10 liv pr. år i veitrafikken. En spesiell fyllingsdam ble ekstrasikret for 10 mill. kroner enda det bare var noen sauebeiter som ville blitt ødelagt i tilfelle brudd.

Samfunnet må altså koordinere sin innsats av sikringstiltak for at en skal få best utbytte av liv spart for de midler som blir investert.

Direktør H. Ager-Hanssen, Statoil, tok for seg problemene med risiko og sikkerhet i energiproduksjonen. I de siste år har det skjedd en farlig polarisering i folket når det gjelder disse forhold. Teknologene ønsker seg store sentraliserte kraftproduksjonsenheter mens deler av opinionen betoner de «bløte» alternativer, desentralisert produksjon, sol- og vindkraft. På begge sider er det store følelsesmessige engasjementer som hindrer at vi får en rasjonell energipolitikk. Avgjørelseskrisen nå kan føre til vansker i framtida. Reelle data for risiko som blir riktig forstått av folket, kan forhåpentligvis føre til en brobygging mellom leirene.

Alle slag systemer, fabrikker, kraftverk, fly osv. har ønskede og uønskede egenskaper. I risikoanalysen må en først indentifisere uønskede bivirkninger, I. En må så finne deres økonomiske verdi, V_I. Begivenheter som leder til I må identifiseres og

deres sannsynlighet P_I finnes. Konsekvensene og omfang av slike uønskede hendelser må beregnes, N_I. Forventningsverdien av uønskede hendelser kan da skrives

$$U = \Sigma P_I N_I V_I$$

Spørsmålet blir så hvor mye samfunnet er villig til å betale for å redusere risikoer av ulike slag. Da må en kvantifisere verdien av tapte menneskeliv og helseskader. Hvert menneskes antatte ytelser til samfunnet og betydning for pårørende må tallfestes. En vanlig verdi er 2 millioner.

En amerikansk undersøkelse (Stanford Institute) har undersøkt virkningen av å øke kraftproduksjonen med 1000 MW i New York området. De har antatt at økningen enten skjer ved bygging av kjernekraftverk eller bygging av kullfyrt kraftverk. De har så prøvd å finne fram til de totale sosiale kostnader for å bygge og holde i drift de to kraftproduksjonsformer. For kjernekraftverk har de gjennomgått alle de kjente ankepunktene så som utsendelse av radioaktivitet under drift, fare for ulykker, sabotasje, plutoniumterrorisme og dessuten vanskene med avfallsdeponering og uranproduksjon. For kullverkene er det utsendelsen av radioaktivitet, gassene SO_2 og NO_x og sotpartikler som er uønsket, men også farene i kullgruver og transport. I sammenligningen kommer kjernekraftverk klart fordelaktigst ut når alle sosiale kostnader kvantifiseres.

Risikoanalysen vil få en rivende utvikling og omfang i åra som kommer, og nye metodiske utviklinger vil foregå. Statoil/Scandpower/Veritas er gått sammen om en analyse av Condeep-plattformene. Målet er at sikkerhetstankegangen skal gå inn for fullt og helt allerede under design- og utviklingsfasen. Et NTNF-utvalg er i sving for å påvise hvilke forskningsområder innen dette feltet der en innsats vil gi størst utbytte i øket sikkerhet og sparte menneskeliv og eiendom.

I ordskiftet ble det pekt på vanskene med å kvantifisere genetiske dødsfall og andre framtidige konsekvenser av det vi foretar oss i vår generasjon. Hvilken pris skal en sette på mulige klimaendringer som følge av CO_2-utslipp? I det siste tilfellet viser beregninger at en har mye å gå på enda uten at klimaet kvil endres merkbart, men Stanford-analysen hadde ikke tatt med denne faktoren. Den såkalte risikoaversjon må en også ta hensyn til ved slike beregninger: Katastrofer utover et bestemt omfang må overhodet ikke kunne forekomme. Med store, kompakte installasjoner med høy energitetthet vil en kunne få «lavine-uhell» der menneskets mulighet for å gripe inn blir små. På plattformene i Nordsjøen viser det seg at mulighetene for menneskelig inngripen er ganske store. Men stort sett må en si at menneskeliv i Nordsjøen er ganske høyt verdsatt sammenlignet med liv på land. Denne utvikling skyldes kanskje virkningen av massemedias behandling av disse problemene. Når TV sier at noe er farlig — da er det farlig for den menige mann. Følelsen av sikkerhet under forskjellige forhold har også mye å si. Norge ligger langt framme når det gjelder arbeidet med risikoanalyser. Oljeindustrien begynte på havet i Norge, en vanskelig avansert teknologi måtte mestres over kort tid. Anslagsvis driver 30 mann på full tid slikt arbeid i Norge. Sveits er foregangsland når det gjelder konsekvensanalysen, mens USA har sin styrke i å regne ut sannsynlighet for ulike hendelser, feilrater osv. Store databanker står her til disposisjon.

Byråsjef Spurkland, Kommunal- og Arbeidsdepartementet, tok opp sikkerhetsproblemer i arbeidsmiljøet, særlig i sammenheng med den nye arbeidsmiljøloven som hadde vært i bruk ett år. Hvert år skjer ca. 100 dødsfall under arbeid og 20.000 uhell fører til fravær utover 10 dager. Dessuten kan en få langtidsvirkninger på helse og sinn ved dårlige miljøforhold på arbeidsplassene. Nye typer industri, nye kjemikalier og prosesser dukker stadig opp. Alt dette må holdes øye med samtidig som standarden i gamle arbeidsmiljøer må heves. Gamle grenseverdier flyttes stadig, — det som blir godtatt nå og ansett fullt forsvarlig vil kanskje ikke godtas om 5 år.

Bedriftene har sin del av ansvaret for å følge opp lovens intensjoner. De må stadig prøve å forbedre seg, ansatte ekpertise på området og kjøpe «know how» utenlands. De må ha god oversikt over sine risikoproblemer. *Tilsynsapparat* må utbygges og forbedres. De må komme inn med veiledning og inspeksjon og foreta prioriteringer der det tas større hensyn enn den enkelte bedrifts økonomi. Bare en lov er ikke nok, tilsynet må følge opp med detaljert regelverk for ulike felter av industri- og arbeidsliv.

Ofte setter samfunnet i gang med virksomhet som det vil ha uten å tenke gjennom risikoproblematikken. Når en har satt igang oljevirksomhet f.eks. må en akseptere at ulike sektorer kan komme i utakt når det gjelder sikkerhet.

Øking av sikkerhet og forbedring av arbeidsmiljøet må skje planmessig og gjennomtenkt. En må ikke ta hand om en fare ved uforvarende å innføre en ny, og kanskje verre. De løsninger som gir størst virkning må prioriteres, men en må ta økonomiske hensyn under planleggingen slik at en ikke tar livet av bedriftene.

Når det gjelder bivirkninger av kjemikalier, f.eks. medisiner, kreves det ikke vitenskapelig bevis for farlighet når det jblir aksjonert. Bare mistanke kan gi grunn til inngrep. Dette vil komplisere den matematiske formulering av risiko fordi grad av mistanke er vanskelig å kvantifisere. Følelse av risiko/sikkerhet er også en vanskelig faktor. Det samme gjelder selvpåførte eller samfunnspåførte risikofaktorer.

Loven går ikke med på at mennesker i bestemte yrker gradvis skal forringes som mennesker (hørselskader, silikose). Før var det akseptert at bestemte skader hørte med til bestemte yrker. Forhold som fører til slike skader skal etter lovens intensjo-

ner angripes ved kilden slik at bruk av verneutstyr (øreklokke, støvmaske) ikke lenger er nok. Bruk av slikt utstyr skal bare ses som nødløsninger over begrensede tidsrom inntil primærårsakene er eliminert. Men støy, f.eks. oppfattes ulikt av forskjellige mennesker — det er spektrum av toner, deres styrke osv. Sammen med andre faktorer kan selv svak støy gi store utslag og føre til stressproblemer. Det at en kan ha en *tillatt støygrense* på en arbeidsplass innebærer at en bevisst ofrer følsomme menneskers helse. Reglene kan ses på som trafikkreglene, men ved siden av absolutte fartsgrenser fins jo også regelen om «å tilpasse farten etter forholdene». Dette fører til at en ikke kan gi noen fast oppskrift på hvor grenser skal settes. En må tilegne seg et visst sett av verdinormer, en slags ideologi og arbeide ut fra dem.

Det ble spurt om hvordan en skal se etisk på medisinske eksperimenter der mennesker deltar for å finne grenseverdier. Det ble anført at det er ulogisk å forby rullebrett, men tillatte hangglider og pustegasseksperimenter med dykkere på store dyp i norske fjorder. Det har vært vanlig med økonomiske kompensasjoner i farefylte yrker, og det har vært atskillige muligheter for folk som er villige til å ta en risiko til å tjene godt. Vil slike muligheter falle bort etterhvert som loven får virke? Svaret var at slike muligheter etterhvert vil falle bort. Det er ofte unge folk som er villige til å ta risiko, men loven ser på menneskets helse over tid og vil derfor prøve å verne de yngre mot seg selv. Konkurransen mellom årsklassene kan også føre de eldre arbeidstakere inn i en uholdbar situasjon, og loven prøver å verne de eldre mot rovdrift. Følelsen av risiko og fare på en arbeidsplass kan føre til økt aktsomhet, men stort sett bidrar en slik følelse til stressproblemer.

Prosjektingeniør J. Hill, Scanpower, fortalte om sin utdannelse til energi- og sikkerhetsanalytiker ved ulike høyskoler og universiteter i California. Han tok for seg studieoppleggene og pensum. Ved *Berkeley* hadde de et forskningsprogram for alternative engergikilder, og de studerte også utnytting av skoger, biomasse og hvordan avfall kan resirkuleres. Ved *UCLA* var det et generelt forskningsprogram innen energifeltet der en også dekket bakgrunnsstoff som meteorologi, forurensing, økonomi og sikkerhet. Ved Davies var det generell ressursproblematikk som var hovedsak.

Studieopplegget for de første åra tok sikte på å gi studentene stor bredde i kunnskaper innen geofysikk (geologi, hydrologi, meteorologi) biologi (genetikk, mikrobiologi, helseproblemer) og kjemi. Så fikk studentene ta del i forskning og arbeide ut rapporter gjerne i samband med praktiske problemer fra industri og miljø. Problemer med flytende kjernekarftverk, sulfaters virkning på skog og landbruk, forurensing fra kullfyrte kraftverk var eksempler som ble nevnt. Det er startet en forening, American Society of Safety Engineers som tar vare på medlemmenes interesser.

Gruppeleder J. H. Langseth, Vassdrags- og Havnelaboratoriet, tok for seg utdannelse og forskning innenfor risiko og sikkerhet i Norge. Allerede i den tradisjonelle ingeniørutdannelsen var det lagt vekt på oppdragelse til sikkerhetstenking. En regnet gjerne ut resultat og multipliserte med sikkerhetsfaktor som gjerne var vunnet ved dyrekjøpt erfaring (= ulykker). Utdannelsen må være både *tverrfaglig* der en drar nytte av matematiske metoder og annet verktøy fra forskjellige fag, og *fagrettet* der en betoner sikkerhet og pålitelighet innenfor det spesielle fagområdet. En har til nå altså ikke direkte utdannet sikkerhetsbevisste. I tvilstilfelle må en basere seg på å trekke inn ekspertise fra andre fag og må kunne kommunisere med disse. Innenfor oljeutdannelsen har en hatt kurs i forebyggende sikkerhetsarbeid, og en har foretatt studier av ulike ulykker i Nordsjøen. Risikoanalysen er et metodisk verktøy, men må ikke reduseres til slavisk avhengighet av utfallet av datamaskinberegninger.

Mennesket og menneskets oppførsel går inn på ulike måter. Det er både beslutningstaker, kan bli offer for ulykkene eller være ulykkenes utløsende faktor. Teknikken må altså tilpasses menneskene. *NTNF* gjør nå en stor innsats på risikoanalyseområdet. Teknologisk forskning og framskritt som fører til økt materialstyrke vil føre til økt sikkerhet, men problemene vil være forskjellig fra bransje til bransje (mekaniske verksteder, skipsbygging, gruvedrift osv.) Arbeidsmiljøforskning tas opp i samarbeid med bedrifter og en tar sikte på å bedre den personlige sikkerheten. En har generelt godt inngrep med industrien på alle disse feltene. I et hovedprosjekt prøver en å komme fram til hovedlinjer som kan benyttes på norsk industri generelt. En har også kontakter til andre nordiske land, og det er stor interesse for å overføre erfaringer mellom landene. Industrien i Norden er temmelig homogen og arbeider under samme kår. Det statistiske grunnlaget kan derfor utvides og blir derved sikrere.

NTNFs sikkert skip prosjekt vurderer skipet som arbeidsplass og som oppholdssted i fritida. Her kan sosiale faktorer spille en stor rolle for utfallet. I samarbeid med Oljedirektoratet er sikkerhetsproblemene på Norges kontinentalsokkel tatt opp på bred front. Menneskets rolle midt i en komplisert teknologi studeres, og alle jobbkategorier på plattformene og deres personrisiko analyseres.

Et *utvalg* under NTNF prøver å koordinere risiko/sikkerhetsbetraktninger for hele det norske samfunn, og vil også prøve å påvirke forskningsog undervisningsintstitusjoner til å ta opp sikkerhetsproblemer. En er i ferd med å samle inn alle slags ulykkesdata og analysere dem. Ulike instanser har allerede gjort dette over lang tid, f.eks. forsikringsselskap, men disse data er ofte ikke nøyaktige nok. En prøver ved dette arbeid å gi dem som skal arbeide med sikkerhetsberegninger skikkelige underlagsdata.

I *to prosjekter* tar en opp den reelle risiko for befolkningen i Norge, både på arbeidsplassene, ferdsel og i heim og fritid. Hvor sikkert er sikkert nok? Dette bestemmes ofte av menneskelige holdninger, deres følelse av sikkerhet eller frykt for ulykker. Her kan en altså skille mellom reell risiko og opplevd risiko. Hvilke kriterier eksisterer for akseptering av bestemte risikoforhold innenfor ulike samfunnsmessige aktiviteter? Hvordan er disse kriterier oppstått og hvordan vil de utvikle seg under skiftende samfunnsforhold i åra som kommer. Når risikoforhold og kriterier tas opp til diskusjon med den vanlige mann virker dette tilbake på hans holdninger etterpå. Risiko er ikke et enkelt tall, men er egentlig en mangedimensjonal størrelse som tolkes forskjellig alt etter den situasjon mennesket er i. Ved bilkjøring er det ofte den *opplevde risiko* bak rattet som styrer avgjørelsene og vi får uvettige forbikjøringer som resultat.

Om ettermiddagen 14/6 var deltagerne i Fysikermøtet invitert til ekskursjon og foredrag på *Veritassentret* på Høvik. Etter en flott båttur fra Pipervika til Høvikodden ble forsamlingen mottatt av *direktør T. Wahl* som orienterte om Veritas forskjellige virksomheter.

Veritas oppsto som et fellesforetak av en forening av assuranseselskap som hver ytte sitt bidrag i startfasen. Veritas utbetaler intet overskudd men pløyer det tilbake til utvidelser og forbedringer av sin egen virksomhet. Selskapene hadde store behov for å finne metoder for å begrense risikoen til sjøs, sikre eiendom, finne optimale teknisk/økonomiske løsninger for systemer (skrogform på skip f.eks.), lære av uhell og samle opp mer viten. Veritas benytter seg ulike metoder for å fylle disse behov. Det utstedes *garantier og attester* når visse krav er oppfyllt. Når visse byggeregler og spesifikasjoner er fulgt gir det anledning til *klassifikasjon*. Komponenter kan *sertifiseres* etter bestemte regler. Veritas foretar *takst* ved uhell, og fungerer som *oppmann* eller nøytral sakkyndig under rettsaker. Den økonomiske uavhengigheten garanterer upartiskhet.

Rådgivningsfunksjonen omfatter både design og pålitelighetsanalyse. *Tekniske kontroller* følges opp med direkte målinger og beregninger. Inspeksjoner og skadeundersøkelser foretas. Det fins 245 inspeksjonsstasjoner i verden, derav noen mobile. Veritas har gått inn for *metodeutvikling* både innefor måleteknikk, oppstilling av regelverk og for utvikling av dataprogrammer. A/S Computas, en datterbedrift, står til disposisjon for beregninger.

Hvert år trengs 100 nye medarbeidere, derav 10—20 fysikere. Halvparten av disse kommer direkte fra universiteter og høyskoler. Det legges vekt på gode kunnskaper innen basisfagene. Et turnusprogram for nyansatte sørger for at de nye får en bred bakgrunn og innsikt i hele Veritas virkefelt. Det skjer også en kontinuerlig oppdatering av det øvrige personalets faglige nivå.

Det fins grupper som arbeider innenfor områdene maskinteknikk, materiallære, datateknikk og automatiseringsteknikk. Andre arbeider med miljøspørsmål, systemteknologi, risikoanalyse, eksperimentalteknikk, kvalitetssikring. Det er grupper innenfor prosessanalyse, undervannsteknologi, nautiske operasjoner, havari og risiko til sjøs osv.

Av laboratorier kan nevnes styrkelabb, mekanisk labb, metallabb, kjemilabb, plastlabb, geoteknisk labb, miljølabb, elektronikklabb osv.

Totalbudsjettet var i 1978 på kr. 350 millioner, 100 mill. ble tjent i utenlandsk valuta ved oppdrag som ble utført.

Norsk Undervannsinstitutt er blitt opprettet der 25 mann arbeider. De studerer særlig såkalt hyperbar teknologi. GECO (Stavanger) og Scandpower (Kjeller) er opprettet med deltakelse av Veritas.

Bygningen til Veritas ble gjenstand for stor oppmerksomhet, både den flotte beliggenheten, arkitekturen og de bygningstekniske løsninger for oppvarming og avkjøling av bygningskroppene. Som kjent skjer oppvarmingen i vinterhalvåret ved hjelp av en stor varmepumpe som trekker energi ut vannet i Oslofjorden. Nærheten til Fornebu flyplass har nødvendiggjort lydsluser for vinduer og vegger, og disse nyttes også for varmeisolasjonsformål. Datastyrte persienner utenfor vinduer passer på at unødvendig sollys ikke får komme inn. Etter omvisningen ble fysikerne servert en solid middag. I alt en meget vellykket ekskursjon som Veritas har all ære av.

Ved Henie Onstad museet i nærheten var utstillingen «Landskapsmaleriet gjennom tidene» åpen. Deltagerne gikk etterpå dit der kunststudenter sto klar for å vise omkring. Været var strålende og den lyse sommerkvelden ble utnyttet maksimalt.

O. Steinsvoll

HEWLETT-PACKARD PRISEN FOR 1978

Prisen i år gjekk til den russiske professoren Z. I. Alferov ved A. F. Ioffe Fysiske Institutt i Leningrad. Han har særleg arbeidd med dei fysiske fenomena som syner seg når to ulike ureine halvleiarar vert sette saman til såkalla «heterojunctions». Ved slike samanføyingar kan ein få halvleiar-komponentar som gjev mykje større signalstyrke pr. volum enn dei vanlege samansette halvleiardetektorane. Slike element er vanskelege å laga, men Alferov og gruppa hans oppdaga for ei tid sida at galliumarsenid saman med aluminiumarsenid var ei praktisk mogeleg løysing. Ut av denne oppdaginga har det kome ei heil rad med nye opto-elektroniske komponentar slik som CW-laserar, nye effektive solceller og omformarar av lys frå ei bølgjelengd til ein anna, forutan effektive detektorar for partikkelstråling. Prisen vert delt ut under EPS-møtet i York i september 1978. Komitéen for HP-prisen er takksame for framlegg om prisvinnarar for 1979.

O. St.

Resolusjon fra Fysikermøtet 1978.

Til President Videla, Argentina

Gjennom nyhetsmedia og internasjonale humanitære og vitenskapelige organisasjoner er vi blitt gjort kjent med at det foregår alvorlige brudd på menneskerettighetene i Argentina. Amnesty International har dokumentert at flere tusen mennesker er forsvunnet eller blitt fengslet uten rettergang.

Norske fysikere samlet til årsmøte 15. juni 1978 vil ved denne anledning spesielt rette oppmerksomheten mot våre fysikerkolleger som er forsvunnet eller sitter i fengsel.

Følgende fysikere er forsvunnet eller fengslet: (Lista er gjengitt i FFV no 1, 1978).

Vi ber om å få vite om de navngitte fysikere er i live, hvor de befinner seg og hvordan deres helsetilstand er. Videre ber vi om at de som sitter i fengsel, får sin sak prøvet for retten og at de som ønsker det, får forlate landet i henhold til argentisk lov (The Right of Option, artikkel 23).

På vegne av Norsk Fysisk Selskap
Oslo 15. juni 1978

Tormod Riste

8. Nordiske Halvledermøte ved Fagutvalget for faststoff-fysikk.

I 1977/78 har styret i fagutvalget for faststoff-fysikk hatt sete i Trondheim. Hovedinteressen har i denne perioden vært rettet mot halvledermaterialer og overflatestudier.

De nevnte felter ble grundig debattert under det 8. Nordiske Halvledermøte som ble arrangert på Røros Turisthotell fra 29. januar til 1. februar i år.

De Nordiske Halvledermøter arrangeres i tur og orden av Sverige, Danmark, Finland og Norge med to års mellomrom. Det neste skal legges til Uppsala i 1980.

Årets møte var sentrert om to hovedtemaer; moderne materialteknologi og overflateanalyseteknikker. Fem inviterte forelesere ga meget gode oversiktsforedrag.

William Schockley, Standford University, fortalte om de begivenheter som ledet til transistorens oppfinnelse. Bruce Joyce, Philips Research Laboratories, Redhill, ga en glimrende innføring i MBE (Molecular Beam Epitaxy) som nå synes å bli det mest interessante teknologiske fremskritt for realisering av tynne multilags enkrystaller. Allan Morgan, Philips Research Laboratories, Eindhoven, gjennomgikk overflateanalysemetoder som i de senere år er utviklet til meget slagkraftige verktøy for analyse og materialkarakterisering. Det gjelder: SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy) og ISS (Ion Scattering Spectroscopy) med HISS og LISS som spesialiteter for henholdsvis «High» og «Low» ioneenergi, samt elektron-spektroskopiene ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) og AES (Auger Electron Spectroscopy). Ingen av disse teknikkene rår grunnen alene som analyseverktøy, og ingen er tilgjengelig i Norge i dag. Elektronikklaboratoriet ved NTH vil få en Automated Auger Microprobe (AES) i løpet av høsten, det eneste i sitt slag i Norden. Alle de nevnte teknikkene er overflatesensitive idet det er kun de 2—3 ytterste atomære lag som analyseres.

Gerhard Dorda, Siemens, fortalte om kvanteeffekter i ledningsmekanismen i halvlederoverflater. Her har transistorteknologien gitt muligheter for kontrollerte studier av kvantiserte tilstander i potensialbrønnen som genereres i kanalen mellom port og sluk («source» og «drain») i felteffekttransistorer.

Ingemar Lundstrøm, Linköping Tekniska Høgskola, tok for seg eksotiske sensorer som var utviklet med basis i felteffekten i halvledere.

I fem plenumsesjoner ga ca. 45 nordiske forskere innblikk i de forskningsprosjekter som er i gang i Sverige, Danmark, Finland og Norge. Alle foredrag og innlegg ble gitt på engelsk av hensyn til gjestene og for å få disse med i diskusjonen. Her må det skytes inn at William Shockley var en av de mest aktive både som debattant og som underholder «etter arbeidstid».

Været var ikke det aller beste, men Røros Turisthotell er et utmerket sted for konferanser av dette slag. Samtlige 70 deltakere hadde tre gode døgn sammen i Bergstaden.

Styret i fagutvalget for faststoff-fysikk Ola Hunderi og Jan S. Johannessen har hatt jevnlige og uformelle møter i rapporteringsperioden. Vi tumler med planer om et norsk (eller norsk/svensk) overflatefysikk-seminar i nær fremtid. «Er synkrotronstråling noe for oss nordmenn?» kan kanskje bli et hovedtema under et slikt seminar. Reaksjoner på dette, og gode forslag med hensyn på tid og sted mottas med takk.

Jan S. Johannessen

REFERAT FRA BIOFYSIKERMØTET 1978

Biofysikkgruppen i Norsk Fysisk Selskap holdt 8.—9. mai 1978 er symposium på Blindern. Hensikten med symposiet var å gi en oversikt over den biofysikkforskning som utføres i Norge. Siden dette vil være av interesse for en del lesere av «Fra Fysikkens Verden», vil vi gi et kort referat av møtet.

Johnsson (NLHT) ga en oversikt over noen aspekter ved biologiske døgnrytmer og eksperimenter med planter foretatt ved NLHT. Han beskrev bl.a. hvordan amplituden for en del rytmer kan bli redusert noe nær null ved bruk av lysstimuli gitt ved bestemte faser i døgncyklus. Han omtalte i denne forbindelsen muligheten for å faseforskyve døgnrytmen hos flypassasjerer ved øst-vest-reiser. Videre kommenterte han bruken av Li^+-joner til å

redusere svingningene hos manisk-depressive pasienter. Aspekter på oppkomsten av døgnrytmer ble også tatt opp. En langsom kollektiv biologisk rytme kan dannes av et system med individuelle biologiske oscillatorer med høy frekvens (i f.eks. enkeltceller). Perioden vil da selvsagt avhenge av antallet oscillatorer i systemet. En rekke eksempler på eksperiment som støtter dette syn ble gitt.

Skaar (NLHT) fortalte om studier av vannregulering hos planter v.h.a. transpirasjonsmålinger. Han gjorde rede for plantenes respons på lys med forskjellige bølgelengde og diskuterte hvilke mekanismer som kan ligge til grunn for dette.

Tveito Ekse (NLHT) redegjorde for «flash-fotolyse»-apparaturen som er bygd ved NLHT og de forskningsprosjekter en håper å realisere ved hjelp av denne apparaturen.

Melø (NLHT) fortalte om transiente fluorescensfenomener fra grønne blad. Den stasjonære fluorescensresponsen har blitt analysert ved bruk av et periodisk varierende eksitasjonslys i motsetning til tidligere eksperimenter innen dette feltet hvor fluorescenstransienten fra én eksitasjonspuls er analysert under ulike betingelser.

Christensen (nå NHIK) gjorde rede for eksperimenter ved Forsvarets Mikrobiologiske Laboratorium for lysemisjon fra ildflue-ekstrakter. Disse inneholder stoffet luciferin og enzymet luciferase som i nærvær av Mg^{++} og O_2 kan gi lysemisjon ved tilførsel av ATP. Ved å måle maksimal lysintensitet (eller rising time) etter injeksjon kan man benytte dette som en metode til å måle meget små ATP-konsentrasjoner i biologiske systemer.

En egen seksjon ble viet radiobiologi.

Pettersen (NHIK) presenterte data fra forskjellige prosjekter som demonstrerte bruken av synkroniserte cellepopulasjoner i radiobiologiske undersøkelser.

Wahl (NHIK) hadde et innlegg om anvendelse av hypertermi i radiobiologien og stråleterapien. Hypertermi influerer på celler, bl.a. ved å inhibere reparasjonsprosesser.

Rofstad (NHIK) hadde et innlegg om radiobiologi av humane tumores i athymiske mus. Han hadde studert den strålesensitiserende effekt av nitroimidazole-forbindelser på hypoksiske celler i maligne melanomer transplantert til athymiske mus.

Bakke (NTH) ga et bidrag der han vurderte mulighetene for anvendelse av negative pioner i stråleterapien. Disse strålene har en meget gunstig dybde-dose-fordeling, men er dessverre megetj kostbare å frambringe.

Utvikling og behandling av kreft synes nær knyttet til skader i arvemolekylet DNA, og til reparasjon av slike skader. Professor *Ahnström* fra Wallenberg-laboratoriet i Stockholm ga en oversikt over den senere tids forskning på reparasjon av stråle- og kjemikalieinduserte DNA-skader, og konkluderte med at enkelttråd- og delvis også dobbelttrådbrudd kan repareres. Når påvirkningen resulterer i celledød, mutasjon eller kreftutvikling, er det således ureparerte dobbelttråd-skader og feilreparasjoner som er hovedårsaken.

Boye (Radiumhospitalet) beskrev hvordan sirkulært DNA fra en bakteriofag er velegnet for måling av DNA-brudd. Systemet kan bl.a. benyttes til påvisning av reparasjonsenzymer i celle-ekstrakter, idet disse enzymene dels reparerer bruddskader, og dels lager temporære brudd som ledd i reparasjonen.

Brunborg (Universitetet i Oslo) har studert strålefølsomheten til gjærceller. Han fant store variasjoner gjennom vekstsyklus, idet cellene er langt mer følsomme i de fasene de kun har ett kromosom-sett enn etter fordobling av kromosomtallet. Dette understreker hvor farlig dobbelt-trådskader i DNA er for cellene, men også betydningen av et reparasjonssystem (recombination) som betinger to like DNA dobbelttråder for å fungere. Konklusjonen synes å gjelde for en rekke celletyper.

Det ble redegjort for biofysikkforskningen ved NTH ved en rekke korte innlegg, *Sunde* (NTH) diskuterte 7α-hydroksylering som inaktiveringsmekanisme for androgene steroider og *Stenstad* (NTH) belyste problemet allylalkoholer av testosteron med forsøksdata fra testosteronmetabolisme i tverrstripet muskel. *Østgaard* (NTH) viste sammenhengen mellom reseptorer for testikkel- og binyrebarksteroider i celler fra den humane cellelinjen NHIK-3025 og den effekten androgener og glukocorticosteroider har på vekstmønsteret av disse cellene. Sveising av rustfrie stålplater med rustfrie elektroder produserer materiale som er meget giftig for 3025 celler dyrket i kultur. Cr^{6+} kan være ansvarlig for denne toksisiteten. Disse data ble lagt fram av *Jakobsen* fra NTH. *Espevik* (NTH) viste at spermceller fra kjønnsmodne rotter har et membranelt tettfiberlag som ikke har vært beskrevet før på adekvat måte. Den biologiske funksjonen av disse fibrene er foreløpig ukjent, men Espeviks arbeide demonstrerte den metodologiske styrken av fryseetse teknikk og elektronmikroskopi for å avdekke detaljer i ultrastruktur av celler. Ved hjelp av sveipemikroskopi illustrerte *Bækken* (NTH) interaksjon mellom spermceller og testikulære Sertoli-celler. Sertolicellene er nødvendige for utvikling av spermceller og i visse stadier av denne kompliserte prosessen ser det ut som disse to celletypene lever i symbiose. *Elgsæter* (NTH) diskuterte den strukturelle rollen cellemembran-proteinet spektrin spiller og presenterte lysspredningsdata som viste at humant spektrin er et makromolekyl med en lengde på mer enn 100 nm. Et dobbelbrytningsrelaksasjon-studium av humant spektrin indikerte at spektrin foruten å være langt også er et fleksibelt molekyl. Disse data ble presentert av *Mikkelsen* (NTH). *Smeby* (NTH) fortalte om samarbeidet mellom Regionsykehuset i Trondheim og NTH for å utvikle

nytt utstyr og nye metoder for behandling av uremikere. I løpet av de siste årene har en konsentrert på å analysere behandlingsmetodene ved hjelp av matematiske modeller. En har klart å redusere behandlingstiden og modifisert dialysesystemene slik at komplikasjoner under selve behandlingen har blitt sterkt reduserte. Det arbeides nå med å undersøke alternative behandlingsmetoder, dessuten håper Institutt for biofysikk å komme i gang med studier av blodskader ved ekstrakorporale perfusjoner.

Andre symposiedag var først og fremst viet ESR, siden det er 20 år siden den første ESR-spektroskopien ble utført i Norge. *Henriksen* (Universitetet i Oslo), som selv var med og startet denne forskningen i Norge, ledet jubileumsmøtet og holdt selv et foredrag om utviklingen gjennom disse 20 år. Professor *Ehrenberg* fra Sverige ga et tilsvarende foredrag om ESR og biofysikk i Sverige.

Biofysikermøtet ble avsluttet med en engasjerende debatt om biofysikkundervisningen i Norge. Innledere var Eik-Nes, NTH, Henriksen, Universitetet i Oslo, og Johnsson, NLHT, som fortalte om opplegget ved de respektive læreanstalter.

Den etterfølgende diskusjon tok for seg følgende problemer:

I. På hvilket trinn i utdanningen skal biofysikken komme inn?
II. Hvilket innhold og hvilken målsetting skal biofysikkutdanningen ha?
III. Hvordan arter det nåværende og fremtidige arbeidsmarkedet seg for biofysikeren?

I. Fra en rekke hold ble det hevdet at undervisning i biofysikk måtte komme inn på et tidligere trinn i utdanningen enn nå. Både på ungdoms- og gymnastrinnet er det tendens til tverrfaglige kombinasjoner i undervisningen, og det skulle derfor ligge godt til rette for biofysikkundervisning her. Ved reorganiseringen av «20-gruppen» ved Universitetet i Oslo skulle det ligge til rette for å gjøre studentene kjent med biofysikk på linje med de øvrige fysikkdisipliner. Enkelte mente at biofysiske problemstillinger innenfor den nye «FMK»-kombinasjonen ville være for spesielle, mens andre hevdet at disse ikke ville være mer spesielle enn de emner fra faststoff-, kjerne-, elementærpartikkelfysikk som kan tenkes innpasset. Det ble påpekt at annenavdelingsundervisningen i biofysikk ved Universitetet i Oslo er svært begrenset. Men har ikke villet utvide undervisningsbyrdene her siden man ikke har stillinger som kan dekke de aktuelle behov.

II. Det ble fremholdt at innholdet og målsettingen ved studiene måtte innrettes etter det arbeidsmarked som skulle fylles. Mens biofysikere fra Universitetet i Oslo og NLHT i alt vesentlig kan velge mellom et yrke som pedagog eller forsker, vil uteksaminerte kandidater fra NTH gå inn i den medisinske teknologi i industri eller ved sykhus. Det var derfor viktig at undervisningen ved de to første institusjonene var *allsidige,* men at studenten gjennom sin hovedfagsoppgave fikk konsentrere seg om et spesielt felt på et *høyt nivå.* I motsetning til dette måtte NTH satse på utdannelse innenfor den del av den biomedisinske teknologi som det til enhver tid var behov for.

III. Det ble påpekt at gode forskeremner og meriterte forskere i dag ikke finner jobb utenom skolen. For den student som tar sikte på en forskerkarriere, ligger allikevel mulighetene for å «konvertere» mellom lærer- og forskerrettet utdanning bedre til rette enn i Sverige, hvor pedagogstudiet skilles fra det øvrige på et tidlig tidspunkt. Dessuten mente man at dette ville være en tilfredstillende løsning for svært mange studenter og for undervisningen på gymnasnivå.

Det ble bemerket at biofysikkforskningen her i landet får små bevilgninger. Biofysikk er relativt billig forskning og blir derfor avspist med det minimale, selv om nytten av slik forskning er stor. Problemer med biofysikkens representasjon i forskningsråd o.a. ble diskutert.

Det viste seg at man hadde begrenset oversikt over arbeidsmarkedet for biofysikere med teknologisk bakgrunn. Det ble påpekt at mange steder ansatte man andre kategorier personell i stillinger hvor biofysikerne var bedre kvalifisert. Andre steder prioriterte man opprettelse av andre stillinger høyere enn biofysikerstillinger. Videre lot man annet personell ta avgjørelser som bare biofysikere var kvalisert for å ta. Her ble bl.a. relasjonene medisiner/biofysiker berørt. Det ble henvist til at man ved Radiumhospitalet etterhvert er kommet frem til en riktigere fordeling av ansvar og stillinger mellom medisinere og fysikere. Det er allikevel klart at i sammenligning med f.eks. USA ligger vi langt tilbake i bruk av biofysikere ved f.eks. kliniske laboratorier o.l. (DNR, SIFF etc.)

Et nærmere samarbeid med foreningen for biomedisinsk teknikk ble foreslått.

Muligheten for et «post-graduate» biofysikkkurs ved NTH ble skissert. Erfaringer fra USA hadde vist at rekruttering av fysikere, kjemikere og medisinere til et slikt kurs hadde ledet til en god samarbeidssituasjon både under kurset og senere i yrkeslivet.

J. Moan

Forts. fra side 52.

Framstillingen er klar og grei så langt den rekker, og boka vil utvilsomt appellere til spesialistene på feltet. Den mer alment interesserte leser vil bli frustrert av manglende perspektiv på stoffet, forfatteren viser liten interesse for å sette sine resultater i presis sammenheng med generell kunnskap i bransjen. Likevel, med sine åpenbare begrensninger er dette en nyttig bok for det spesialiserte publikum den er myntet på.

E. H. Hauge

Sorte hull er varme

Finn Ravndal *)*

For vel to år siden hadde Rolf Stabell[1] en velskrevet artikkel om sorte hull her i bladet. Han avsluttet da med å si at disse «aldri kan minke i størrelse, de kan bare øke, og intet kan hindre dem i dette». Denne interessante konsekvens av Einstein's generelle relativitetsteori har i løpet av de siste årene blitt inngående studert. Resultatet av denne forskningen har medført at vi har vært nødt til å modifisere mange av våre tidligere idéer om sorte hull og deres fysiske egenskaper. Her i artikkelen skal jeg omtale det kanskje mest overraskende resultat, nemlig at sorte hull i virkeligheten er varme og stråler ut energi som vanlige sorte legemer som vi kjenner fra termodynamikken.

Som kjent er størrelsen av et sort hull uten elektrisk ladning og som ikke roterer, gitt ved Schwarzschild' radius

$$R = 2GM/c^2 \qquad (1)$$

hvor M er massen til hullet, G er gravitasjonskonstanten og c er lyshastigheten. Overflaten A til hullet er derfor

$$A = 4\pi R^2 = 16\pi G^2M^2/c^4 \qquad (2)$$

Allerede i begynnelsen av 70-årene var det kjent at Einstein's gravitasjonsteori som beskriver sorte hull og deres vekselvirkninger med omgivelsene, medfører at summen av overflatene til flere sorte hull aldri kan bli mindre samme hva som skjer med dem. I et system med bare ett sort hull må derfor overflaten til dette være konstant eller øke, $\delta A < 0$. Dette minner selvsagt mye om entropiens vekst i termodynamikken. Loven fikk da også snart navnet «den andre hovedsetning for sorte hulls dynamikk».

Entropien til et sort hull

I 1973 prøvde Bekenstein som da var student ved Princeton University i U.S.A. å ta denne termodynamiske analogi opp til et mer alvorlig studium. Kan det være mulig at et sort hull kan tilskrives en vanlig termodynamisk entropi S proporsjonal med hullets overflate A? Han kunne svare bekreftende på dette spørsmålet. Fra den statistiske mekanikk vet vi nemlig at entropien til et system i likevekt er gitt som Boltzmann's konstant k multiplisert med logaritmen til antall mikrotilstander N som tilsvarer den gitte makrotilstanden systemet befinner seg i, $S = k\ln N$. For eksempel vil det være et meget stort antall forskjellige tilstander for molekylene i en gass som alle tilsvarer at gassen befinner seg i et bestemt volum ved en bestemt temperatur. På samme måte er den makroskopiske tilstand for et vanlig sort hull gitt ved kun en variabel som er dets masse M. Men denne massen kan være formet på mange forskjellige måter. Har vi for eksempel et vanlig sort hull som etterlevning av en stjernekollaps, så kan vi øke massen til M ved å kaste inn i hullet noen baryoner eller leptoner eller til og med antimaterie uten at hullet blir noe forskjellig ved det såfremt massen blir M. Vi vil aldri være i stand til å finne ut hva massen til hullet består av, dets sammensetning har ingen betydning for hullets egenskaper. Dette tap av informasjon tilsvarer at hullet kan tilskrives et stort antall «usynlige» mikrotilstander som kan gi det en viss entropi.

Denne entropi for det sorte hull ble beregnet av den engelske fysiker Hawking[2] i 1974. Han fant

$$S = kc^3A/4Gh \qquad (3)$$

Dette er i grunnen en ganske fantastisk formel som involverer alle de viktigste naturkonstanter; Boltzmann's k, Einstein's c, Newton's G og Planck's h. Vi bør ikke være overrasket over å finne Planck's konstant her for den inngår også i opptelling av antall mikrotilstander i vanlig statistisk fysikk.

Temperatur og utstråling fra et sort hull

Energien til et sort hull er gitt ved $E = Mc^2$. Da det nå har både entropi og energi, vil det ifølge termodynamikken også ha en temperatur gitt ved $T = dE/dS$. Kombinerer vi ligning (2) og (3) finner vi herav lett temperturen til det sorte hullet:

$$KT = hc^3/8\pi GM \qquad (4)$$

Det er dette resultatet til Hawking som betyr at sorte hull er varme.

Fra den klassiske termodynamikk vet vi at et sort legeme vil emittere termisk stråling gitt ved Planck's berømte formel. Det betyr at vi bør forvente en tilsvarende stråling fra sorte hull. Denne vil derfor representere et energitap pr. tidsenhet gitt ved formelen

$$-dE/dt = L = \sigma T^4A \qquad (5)$$

hvor L står for luminositet. Konstanten σ er Stefan-Boltzmann's konstant. Dette energitapet betyr ikke annet enn at det sorte hullet taper sin masse. Fra (4) ser vi at da vil temperaturen T øke og dermed øker utstrålingen desto mer. Vi har en akselerert fordampning av hullet som må ende som en eksplo-

*) Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, Oslo 3.

sjon. Etter denne burde det ikke være noen spor etter det opprinnelige sorte hullet. Mot slutten av fordampningen vil temperaturen bli så høy at i tillegg til fotoner (elektromagnetisk stråling) vil hullet også kunne stråle ut alle slags tyngre elementærpartikler. På denne måten vil elementærpartikkelfysikken til en stor grad bestemme hullets siste eksplosive utvikling.

Hvordan er en slik utstråling av elementærpartikler fysisk mulig? Hawking har studert dette spørsmålet innen kvantefeltteorien. Han forklarer effekten ved at det i vakuumet finnes virtuelle par av for eksempel elektroner og positroner. En partikkel i et slikt par har en viss sannsynlighet for å bli oppsugd av det sorte hullet hvis paret dannes like i nærheten av overflaten til hullet. Dermed vil den andre partikkelen i paret befinne seg uten partner, den blir reell og kan slippe ut som stråling. Han har til og med vist at denne strålingen er termisk, det vil si at den følger Planck's strålingslov og at temperaturen er gitt ved Eq. (4). Denne Hawking-effekt er nært knyttet til det såkalte Klein's paradoks i relativistisk kvantemeknikk.

Numeriske overslag

La oss til slutt gjøre noen numeriske overslag. Fra Eq. (4) finner vi for temperaturen

$$T \simeq 10^{-7}\,^{\circ}K(M_0/M) \qquad (6)$$

hvor $M_0 = 2x10^{33}$g er solmassen. Vanlige sorte hull med masser $M > M_0$ vil derfor ha temperaturer som er mye lavere enn temperaturen til omgivelsene i verdensrommet hvor for eksempel den elektromagnetiske bakgrunnstrålingen har en temperatur på 3 °K. Slike sorte hull vil derfor absorbere mer energi fra omgivelsene enn de kan emittere selv.

Men Hawking har tidligere spekulert over muligheten for å ha sorte hull som ble skapt i kaoset ved Universets Big-Bang-begynnelse. Da disse kan ha meget små masser, blir de derfor ofte kalt for sorte mini-hull. Men der eksisterer en nedre grense på massen til slike hull. For at det skal kunne beskrives ved vanlig klassisk relativitetsteori, så må dets kvantemekaniske Compton-bølgelengde $\lambda = h/Mc$ være mindre enn dets Schwarzshild-radius (1). Dette kravet medfører at

$$M > M_P = (hc/G)^{1/2} \simeq 10^{-5}\text{g} \qquad (7)$$

Den nedre massegrensen M_P kalles Planck's masse. Den tilsvarende Schwarzschild-radius blir $R_P \simeq 10^{-33}$ cm som er Planck's lengde. Ved så uhyre små avstander kan vi ikke bruke Einstein's gravitasjonsteori uten å ta med kvantemekaniske effekter. Ingen vet i dag hvordan dette skal gjøres.

Levetiden til sorte hull

Sorte mini-hull kan ha en så liten masse at de stråler mer ut enn det de absorberer. Fra Eq. (5) finner vi for luminositeten:

$$L \simeq 10^{-26}\,W(M_0/M)^2 \qquad (8)$$

Ved å integrere opp Eq. (5) finner vi hvordan massen avtar med tiden. Etter en tid τ har all masse fordampet bort. Hullets levetid er derfor:

$$\tau \simeq 10^{65}\text{ år } (M/M_0)^3 \qquad (9)$$

Dette resultat medfører at mini-hull med masser $M < 10^{-18}\,M_0 \simeq 10^{15}$ g har en levetid på mindre enn 10^{10} år. Dette er kortere enn Universets levetid og slike hull vil derfor allerede ha dampet bort. Tilsvarende vil hull med $M > 10^{15}$ g fortsatt eksistere, og de burde finnes som strålende objekter ute i verdensrommet. Fra (8) ser vi at de produserer energi med en effekt på omlag 10^{10}W. Til sammenligning kan et stort kjernekraftverk produsere omlag 1000 megawatt. Så hvis vi kunne finne et slikt strålende mini-hull som vi kunne plassere i en bane rundt jorden, ville vi ha en ren energikilde som tilsvarer omtrent ti store kjernekraftverk. Disse muligheter har allerede vært diskutert av amerikanske forskere ved Livermore Radiation Laboratory.

Mini-hull med masser rundt 10^{15} g skulle være i ferd med å eksplodere omkring oss akkurat nå. Hawking har anslått at i det siste tiendedels sekund av et slikt hulls levetid vil det frigjøres en energimengde av størrelsesorden 10^{23}J. Dette tilsvarer omlag energien frigjort ved eksplosjon av ti millioner en-megatonn hydrogenbomber. I tillegg så kommer all denne energien fra et hull som har en radius på omtrent 10^{-13}cm, det vil si av samme størrelse som et proton! Det burde være unødvendig å si at vi foreløpig ikke har sett noen som helst antydning til slike fantastiske eksplosjoner i våre nærmeste omgivelser.

Sorte hull og elementærpartikkelfysikk

Det er godt mulig at der ikke finnes sorte hull med slike små masser. De kan ikke skapes ved kollaps av vanlige stjerner, det er godt mulig at forholdene heller ikke var tilstede for at de kunne skapes i Big Bang. Derfor kan en stor del av denne energiproduksjon fra sorte mini-hull være en ren spekulativ prosess. Men dette gjør ikke denne Hawking-effekten uinteressant. I tillegg til at den har gitt oss et helt annet syn på sorte hull, så har den også produsert en mekanisme som bryter minst en av fysikkens viktigste lover. Fra elementærpartikkelfysikken vet vi nemlig at i alle kjente reaksjoner så er lepton- og baryontallet bevart. Sorte hull bryter disse bevarelseslovene. Som allerede forklart så spiller det ingen rolle for hullet om det består av leptoner eller baryoner. Kun dets masse er av-

gjørende. Denne bestemmer alene hva som skal stråles ut. Med andre ord, de partiklene hullet stråler tilbake er helt uavhengig av de partiklene som gikk inn i hullet ved dets dannelse.

At varme, sorte hull bryter noen av de helligste lovene i elementærpartikkelfysikken er overraskende, men skaper umiddelbart ingen uønskede problem. Tvertimot, i de siste årene har det vært mange tegn som tyder på at i såkalte enhetlige teorier hvor de svake, elektromagnetiske og sterke kreftene i elementærpartikkelfysikken er kun forskjellige aspekter av en og samme kraft, er der ingen lepton- og baryonbevarelse ved høye energier. Disse energiene er av størrelsesorden bortimot 10^{19} GeV $\simeq 10^{-5}$ g som jo er Planck's masse. Dette er sannsynligvis en numerisk tilfeldighet.

En annen, interessant oppdagelse i elementærpartikkelfysikken er visse nydelige løsninger av de ikke-lineære feltligninger. Disse løsningene som tilsvarer bestemte felt-konfigurasjoner, kalles instantoner og er matematisk sett i nær slekt med visse løsninger av Einstein's gravitasjonsligninger for sorte hull. Den nederlandske fysiker 't Hooft har vist at instantoner også vil bryte bevarelse av lepton- og baryontall.

Om det her eksisterer sammenhenger som vi i dag ennå ikke klarer å se, er det vanskelig å ha noen formening om. Men man kan jo håpe at forståelsen av den termiske stråling fra sort hull vil være like viktig for vår utvikling av en kvantisert gravitasjonsteori som forståelsen av den termiske stråling fra sorte legemer en gang var for utviklingen av kvanteteorien.

Referanser

R. Stabell: FFV Nr. 4, 1974.
S. Hawking: Nature 248, 30 (1974)
S. Hawking: Physical Review *D13*, 191 (1976).
S. Hawking: Scientific American, Januar 1977.

Brev fra leserne

Over Ævne I—III ?

Brandt/Frøshaug: Fysikk/kjemi 7—8—9 (96 + 135 + 159 s), med oppgavesamlinger, arbeidshefter med elevøvinger, og lærerveiledninger for hvert år, for grunnskolens 7., 8. og 9. klasse (ungdomsskolen). Aschehoug 1973—4—5.

Svein (lærer for fysikkstudenter ved NTH): Ungdomsskolen?! Bevares, hvis våre nyopptatte studenter hadde kunnet den fysikk og kjemi som disse bøkene inneholder! For det meste kvalitativt stoff, javel, men elevøvingene fører også mye kvantitativt arbeid med seg. Hva skal de egentlig ta seg til i videregående skole når de kan alt dette her! Disse stadige klagene over tilbakegang i fysikkundervisningen må jo være rent sludder!

Turid (kjemiingeniør fra NTH, nå lærer i fysikk/kjemi/matematikk i videregående skole; maskin- og mekaniker, sveise- og konstruksjonslinjer): Men Svein, det er ingen sammenheng mellom dette verket, hva elevene lærer, og hva de kan når *jeg* får dem. Forfatterne har «valgt å presentere et maksimumsstoff som gir reelle valgmuligheter». Vet du hva det betyr? Hele læreverket er et stort puslespill, som nok gir et riktig godt bilde av fysikk/kjemi når det er ferdig satt sammen. Men mine elever og deres lærere har plukket ut de biter de synes best om på den tid de har hatt til rådighet. Når jeg får dem, kan noen litt om det ene, noen om det andre, og noen kan ingen ting. I fysikk/kjemi kommer jeg skuffende lite ut over det som i «Læreplan for den videregående skole» er merket «R» (repetisjon av ungdomsskolestoff). Hele dette fine læreverket kaster bare blår i øynene på foreldre, høyere skoleslag, og alle mulige myndigheter og supperåd!

S: Du får nå ikke de mest teoretiske anlagte elevene heller, da, og de har jo bare to timer fysikk/kjemi i uka, så interessen er vel heller laber. Men tenk hva en flink elev under en interessert lærer kan få ut av et så gjennomtenkt, fullstendig, og vakkert utført læreverk! Balansen mellom hva elevene skal finne ut selv og hva de blir fortalt synes bra (jeg har liten tro på opplegg hvor elevene selv skal gjenoppdage alt, fra hjulet til transistoren). Svært positivt er det at forfatterne synes å ha forstått alt det de skriver om, med ett viktig unntak: Koking og kokepunktets trykkvariasjon. F/K 7 p 79 skriver «Jo større trykket mot væsken er, desto kraftigere er bombardementet mot væskeflaten fra molekylene i gassen over. Derfor må molekylene ha større fart om de skal klare å fare opp fra væsken». Bøkene savner faktisk helt beskrivelsen av metningstrykket om et resultat av en likevekt mellom fordampning og kondensasjon, og av koking som noe som inntreffer når damp-metningstrykket blir stort nok til å puffe væske og gass unna slik at bobler med nye overflater kan dannes inni selve væsken. Jeg kan jo også nevne at lærerveiledningen (7) ikke burde ha blandet sammen atomtetthet (punkt-tetthet) og massetetthet, eller skrive (på transparent T3) «Både antall kjernepartikler og elektroner varierer i atomene. Slik kan vi få mange sorter atomer. Vi har i dag *104* sorter». Spesielt når T4 skriver om protoner *og* nøytroner, og sier at helt like atomer har samme masse. Endel andre småting ....

T: Stopp! Skal forlaget ha konsulenthjelp får de betale oss mer enn ett eksemplar av verket på deling!

S: -- men jeg vil hvert fall fremholde at CO_2 + vann blir *soda,* ikke selters. Selters inneholder også

Forts. side 72.

Klimaet og klimaforskning

Arne Grammeltvedt*)

I første halvdel av 1970-årene har været over store deler av jorden vært karakterisert av større avvik både i temperatur og nedbør enn vanlig. Det har vært tørke i Afrika og India men flom i Bangla Desh. Det har vært tørrere enn vanlig i de kornproduserende områder i Sovjet og også i Kina, og i det siste år også i USA. Alle husker vi den tørre og varme sommeren i Nord-Europa i 1976. Dette har ført til en økende interesse for klimaet og dets variasjoner. Man spør seg om disse mer ekstreme variasjoner kan være forårsaket av den menneskelige aktivitet med sterk kultivering av jorden, med overrisling av ørkenområder og dermed økt fordampning, og ikke minst ved utslipp til hav og atmosfære av varme, gasser og partikler ved forbrenning av fossilt brensel. La det være sagt med en gang; vi har i dag ingen klare indikasjoner på at de variasjoner i klimaet som vi opplever har noen direkte sammenheng med den menneskelige aktivitet, eller at disse variasjonene ligger utenfor de variasjonsgrenser som en statistisk analyse av klimaet de siste 100 til 200 år gir.

Likevel er det grunn til økt forskning både for å bestemme mer nøyaktig de klimaendringer som har funnet sted i historisk og forhistorisk tid og også den nåværende trend i klimaet, og vi må om mulig forsøke å finne årsakene til disse. For å kunne det må vi øke vår kunnskap om de prosesser og mekanismer som har innflytelse på klimaet. Vi må ha kunnskap om hvor følsomt klimaet er på endringer i den solstråling som når atmosfærens yttergrense og dessuten ved endringer i de indre klimaparametrene i jord/atmosfære-systemet. De viktigste av disse er systemets albedo (refleksjonsevne for solstråling), atmosfærens partikkelinnhold (aerosolinnhold), atmosfærens drivhuseffekt (avhengig av mengden av karbondioksyd (CO_2) og av vanndamp) og verdenshavenes varmekapasitet som regulator for mer langperiodiske variasjoner i solstrålingen.

Klimaforskning er derfor gitt høy prioritet innen den Meteorologiske Verdensorganisasjon (WMO) og er utpekt som hovedoppgave under annen fase av det internasjonale forskningsprogrammet GARP (Global Atmospheric Research Program) som ledes av WMO. Første fase, som går fram til 1980, er å skaffe tilveie datamateriale både for værvarsling i 1 til 2 uker og for klimaforskning.

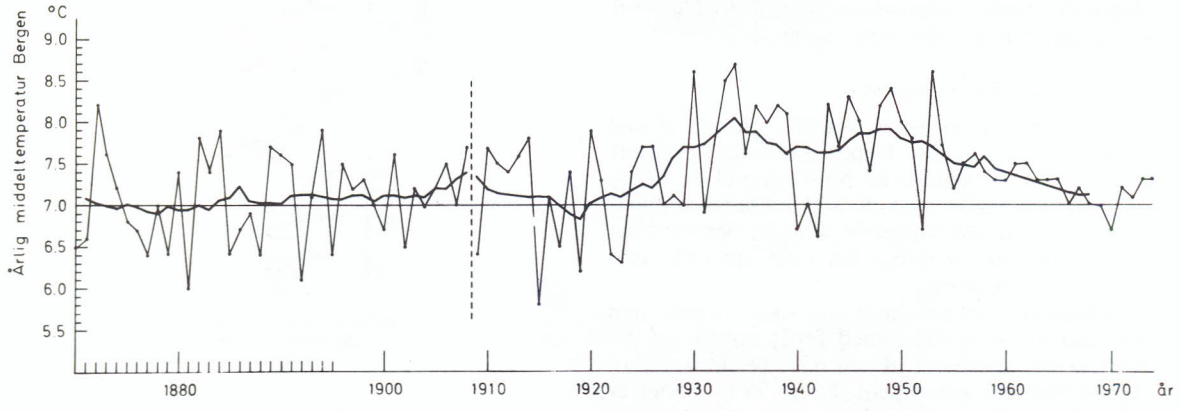
Langtidsendringer i klimaet

Klimaet i de siste 20.000 år

Ser vi på den årlige middeltemperaturen i Bergen for de siste 100 år, fig. 1, har den variert fra år til år. Forskjellen mellom det kaldeste år (1915) og det varmeste (1934) er 2.9°C. Danner vi oss glidende midler over for eksempel 10 år, reduseres noen av de hurtigste variasjonene, og vi kan få et enkelt mål for de mer langsomme variasjonene. Både årsmidlene og 10-årsmidlene viser at det var temperaturmaksima i 30-årene og siste halvdel av 40-årene. Senere har temperaturen sunket fram til 1970.

Tar vi for oss andre værstasjoner på den nordlige halvkule, viser temperaturkurvene omtrent samme karakteristiske forløp; høy temperatur i 30- og 40-årene og lav temperatur i 50- og 60-årene. Denne

Årlig middeltemperatur i Bergen for de siste 100 år.



*) Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen

temperaturendringen har vært enda større på værstasjoner i Arktis og den nordlige Atlanterhav, hvor den lave temperaturen i 50- og 60-årene førte til en betydelig økning i ismassene.

En oversikt over klimaet lengre tilbake i tiden kan vi få fra ulike informasjonskilder. For de nærmeste hundreårene er instrumentobservasjoner og skrevne beretninger og dagboknedtegnelser om værforhold de viktigste, deretter analyse av treringer, informasjon om variasjoner i utbredelse av isbreer og vegetasjonsgrenser, undersøkelse av O^{18}/O^{16}forholdet i iskjerner fra Grønland og Antarktis og undersøkelser av årlige lag av bunnavsetninger i innsjøer. Når alle disse ulike analysene blir satt sammen, kan vi få et godt bilde av klimaet. Vi vet at perioden fra ca. 1500 til ca. 1850 var en relativt kald periode. Før denne var det en mildere periode som varte i flere hundre år, selv om temperaturen da ikke var så høy som i dette århundret.

Bruker vi de lengste instrumentseriene og de gamle skrevne notatene, kan vi danne oss 30-årsmidler for temperatur og nedbør de siste 3-400 år. De viser at typiske variasjoner har vært 1-2°C i 30-årsmidlene for temperaturen og 10-20% i nedbøren. Disse endringene synes kanskje ikke å være store, men de har likevel stor betydning for jordbrukskproduksjonen i utsatte områder.

Går vi enda lengre tilbake i tiden, vet vi at den siste istid kulminerte for ca. 18.000 år siden med store kontinentale ismasser. Middeltemperaturen var da ca. 10°C lavere enn i dag. Deretter steg temperaturen igjen, og i løpet av noen tusen år smeltet store deler av ismassene. I de siste 10.000 år har utbredelsen av de kontinentale ismassene vært relativt stabil, selv om vi kan finne flere vel definerte klimaperioder. En undersøkelse av utbredelsen av isbreene i fjellområdene på jorden viser at det i de siste 8.000 år har vært tre perioder hvor isbreene har økt, hver med ca. 1.000-års varighet, og tre perioder hvor isbreene har trukket seg tilbake. Analyse av pollenavsetninger i innsjøer og myrer gir også tilsvarende forandringer i vegetasjonsgrensene på høyere bredder og i de polare områder. Forandringene i vegetasjonsgrensene viser at det har vært en variasjon i middeltemperaturen på 2-3°C.

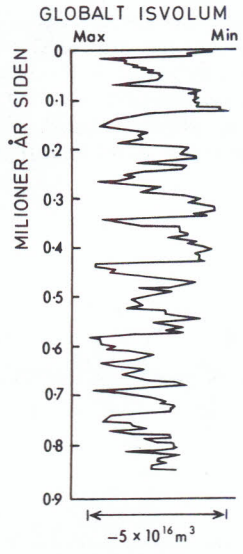
Klimaet i de siste 1 million år.

Man antar at jorden i dag er i en interglasial epoke innen en isalder. Denne isalder har eksistert iallfall i over 2 millioner år. Man antar at det minst har vært tre isaldre med ca. 300 millioner års mellomrom. De mellomliggende perioder har vært betydelig varmere, og jorden har vært isfri i mer enn 90% av denne tiden.

Årsaken til siste isalder er ikke sikkert kjent, men den kan ha forbindelse med forflytningen av det Antarktiske kontinent til den nåværende posisjon. Denne forflytningen tok til for ca. 50 millioner år siden. Samtidig har det skjedd en gradvis isolasjon av Polarhavet fra Atlanterhavet og Stillehavet ved en forflytning av det Nord-Amerikanske kontinent, Grønland og av det Euro-Asiatiske kontinent. Undersøkelser av bunnsedimenter i Polarhavet indikerer at det stort sett har vært dekket av is i de siste 1 million år.

I de senere år har man ved hjelp av analyse av fossilt dyreplankton i sedimenter i dyphavene kunnet gi en kronologisk oversikt over overflatetemperaturen i havet og av det globale isvolum i de siste 1 million år (CLIMAP-Project Members 1976). Det har man kunnet gjøre ved å anta at det biologiske liv i havet ikke har endret seg vesentlig i de siste 1 million år. Ved år kartlegge utbredelsen av de ulike dyreartene i overflatelaget i havet i dag, og ved å sammenligne med den utbredelsen man finner i sedimentene, har man kunnet angi temperatur og saltholdighet i overflatelaget på den tid da dyreplanktonet døde og falt ned på bunnen. Noen av fossilene inneholder $CaCO_3$. O^{18}/O^{16}forholdet i $CaCO_3$ er avhengig av temperaturen da det ble dannet, slik at man har et uavhengig mål for temperaturen. Men man finner også at O^{18}/O^{16}forholdet varierer når temperaturen etter den biologiske analyse skulle være konstant. Disse variasjonene viser seg å ha en sterk korrelasjon med variasjonene i havets nivå. O^{18}/O^{16}forholdet blir derfor brukt som et mål for vannstanden eller det globale (kontinentale) isvolum. Variasjonene i O^{18}/O^{16}forholdet eller det globale isvolum i de siste 800-900 tusen år er gitt på fig. 2.

Figuren viser at det i denne perioden har vært åtte vekslinger mellom kalde, glasiale perioder og relativt varmere interglasiale perioder, hver med et intervall på ca. 100.000 år. Temperaturforskjellen



Det globale isvolum i de siste million år.

mellom den varmeste interglasiale perioden og den kaldeste glasiale perioden har vært ca. 10°C, og det globale isvolumet er tredoblet fra den varmeste til den kaldeste perioden.

En nøyaktig analyse av temperaturdataene for den siste kalde perioden viser at den også inneholder 5 markante varmere og kaldere perioder på ca. 20.000 års varighet og med temperaturfluktuasjoner på 3-5°C. I tillegg viser også dataene fluktuasjoner med kortere tidsskalaer; noen av disse med stor amplitude og kort varighet.

Årsakene til klimaendringene

Kortperiodiske variasjoner i den innkomne solstråling.

Solen er hovedkilden for den energi som driver den atmosfæriske sirkulasjonen. Det er derfor naturlig å tenke seg at kortperiodiske endringer kan være en følge av endringer enten i energifluxen fra solen eller en følge av periodiske variasjoner i intensiteten av den solstråling som når inn til jorden.

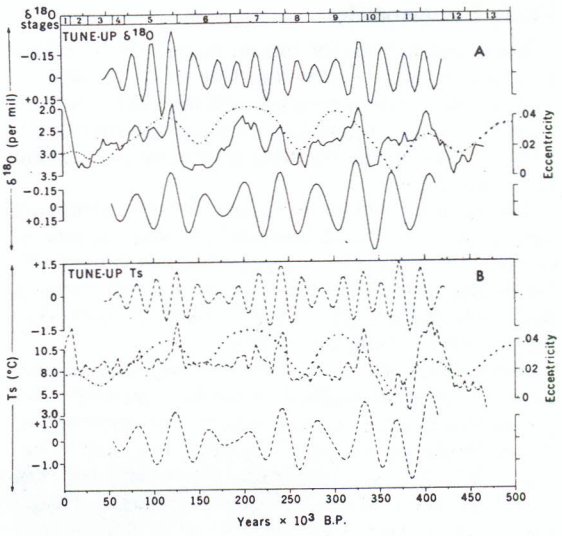
Derfor har man gjennom lang tid målt intensiteten av den totale solstrålingen (solarkonstanten) for å avgjøre om det er sykliske eller kortperiodiske endringer i solstrålingen. De fleste målinger er gjort enten ved jordoverflaten eller i atmosfæren, men det har vist seg vanskelig å avgjøre om de små variasjonene som måles skyldes endringer i utstrålingen fra solen eller om de skyldes endringer i atmosfærens sammensetning og innhold av ulike gasser og partikler. Disse problemene kan i prinsippet bli løst ved å måle fra en satellitt, men de nåværende radiometrene kan ikke måle intensiteten med tilstrekkelig stor nøyaktighet til å få gode nok målinger. Vi kan derfor i dag ikke si om det er noen direkte sammenheng mellom kortperiodiske endringer i intensiteten av solstrålingen og i klimaet.

Lang-periodiske variasjoner

På lang tidsskala kan vi derimot finne at intensiteten av den solstråling som når atmosfærens yttergrense vil variere på grunn av endringer i jordens avstand fra solen. Eksentrisiteten av jordbanen endrer seg med en periode på ca. 100.000 år. Endringen i jordens helningsakse med ellipseplanet har en periode på ca. 40.000 år, og endringen av presesjonen til equinoxene har en periode på ca. 20.000 år. Endringen i eksentrisiteten gir bare små endringer i den årlige innstråling, mens de to andre fører til en noe større årlig variasjon, spesielt på høye bredder.

Denne variasjonen er beregnet av Milankovitch (1930). Han finner at for 10.000 år siden var den innkomne solstrålingen på høye bredder (65°N) 1 % *høyere* enn i dag, mens den for 20.000 år siden var 2 % *lavere* enn i dag.

Vi kan så undersøke om det er noen sammenheng mellom de periodiske variasjonene vi har i isvolum og temperatur ut fra analyse av de paleoklimatiske data fra dyphavssedimenter (fig. 2), og i de periodiske variasjonene i innstrålingen som vi finner ut fra Milankovitch's beregninger. Dette er gjort av Hays, Imbrie og Schakleton (1976). De har tatt for seg to dyphavskjerner fra det Indiske hav. Ved hjelp av disse kjerner har de kunnet konstruere en sammenhengende klimatologisk beskrivelse av temperaturen i havet og av isvolumet for en periode på ca. 450.000 år.



Resultatet av tidsserieanalyse av O^{18}-innholdet i borekjerner, sammenstilt med Milankovitch's beregninger av jordbanens eksentrisitet og solinnstrålingen.

En tidsserieanalyse av dataene viser signifikante perioder på 20.000 og 40.000 år, og ser ut til å ha direkte sammenheng med de tilsvarende astronomiske periodene. Men den dominerende perioden i den klimatiske syklus er også i disse dataene en periode på 100.000 år. Den synes å falle sammen med perioden for endringen av eksentrisitetene av jordbanen ved at det har vært en hovedistid når eksentrisiteten har vært liten, fig. 3. Etter Milankovitch's beregninger skulle endringen i eksentrisiteten bare føre til små endringer i den årlige innstrålingen, men teorien gir også at amplituden av variasjonene i innstrålingen som følge av endringene i presesjonen, er avhengig av eksentrisiteten. Hays, Imbrie og Schakleton antyder derfor at en ikke-lineær koblingsmekanisme mellom disse kan være en mulig forklaring på den dominerende 100.000 års perioden i den klimatiske syklus. En slik ikke-lineær mekanisme kan være at isdekket smelter fortere enn det vokser. Dette gjør at isdekket ikke vil svinge i takt med endringene i innstrålingen som følge av endringer av presesjon, men vil kunne få en pålagt dominerende 100.000 års periode.

Enkle klimamodeller

Spørsmålet er derfor om en reduksjon av solarkonstanten med 1—2% kan føre til en ny istid.

Siden jord/atmosfæresystemet ikke akkumulerer varme, må det emitere like mye energi som det absorberer. Vi kan ut fra dette formulere noen enkle klimamodeller.

La oss først anta at energien er jevnt fordelt over hele jorden og at jord/atmosfære-systemets albedo er konstant. En endring i solarkonstanten med 1% for en slik modell fører bare til en endring i jordens middeltemperatur på ca. 0.6°C. Dette er tilstrekkelig til å sette i gang en ny istid.

Formulerer vi en noe mer komplisert modell hvor vi antar at midlere solstråling avhenger av geografisk bredde, og at albedoen ved jordoverflaten er forskjellig for snø/is og land/hav, kan vi beregne hvordan snø/isgrensen vil bevege seg mot syd eller nord avhengig av om solarkonstanten øker eller minker. I en slik modell er det et overskudd av absorbert energi i forhold til emitert termisk energi i ekvatorområdet og et tilsvarende underskudd i polarområdet. Dersom det skal være en balanse mellom totalt absorbert energi og emitert energi, må det være en energitransport fra ekvatorområdet til polarområdet. Denne energitransport antar man kan skrives som en turbulent varmediffusjon hvor diffusjonskoeffisienten kan bestemmes ut fra nåværende solarkonstant, temperaturfordeling nord-syd og ut fra nåværende isgrense, som er satt til 72°N hvor middeltemperaturen T_s = -10°C.

Slike modeller ble først undersøkt av Bodyko (1969) og er senere blitt forbedret av mange andre. Vi skal her se på noen beregninger som er gjort av North (1975). Setter vi Q lik solarkonstanten, S(x) fordelingen av solstrålingen med bredden, I(T) = AT + B emitert termisk stråling hvor T er temperaturen og A og B konstanter, α_1 = 0.33 albedo for land/hav, α_s = 0.68 albedo for snø/is, x = sin ø hvor ø geografisk bredde og x_s = sin $ø_s$ posisjon for isgrensen (T_s = -10°), kan ligningen for strålingsbalansen skrives:

$$D\frac{\partial}{\partial x}(1-x^2)\frac{\partial T}{\partial x} = Q \cdot S(x)(1-\alpha(x,x_s)) - I(T)$$

hvor

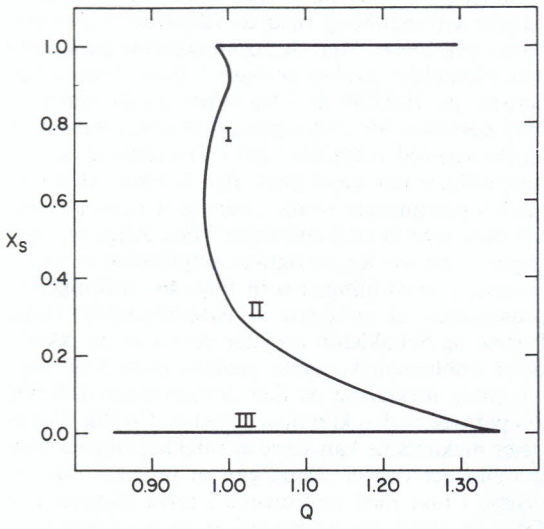
$$\alpha(x,x_s) = \begin{cases} \alpha_1 \text{ for } x < x_s \\ \alpha_s \text{ for } x > x_s \end{cases}$$

og D er diffusjonskoeffisient.

Ved gitte randbetingelser for $\partial T/\partial x$ ved polen og ved ekvator kan vi finne I eller T som funksjon av x. Siden albedoen $\alpha(x,x_s)$ er avhengig av temperaturen, blir dette en relativt komplisert ligning å løse, men løsningen er gitt grafisk i fig. 4. Den angir posisjonene av isotermen T_s = -10°C (isgrensen) for ulike verdier av solarkonstanten Q. x_s = 0.95 svarer til nåværende isgrense ved 72°N.

De ulike deler av kurven er merket med I, II og III. Den nårværende isgrense ligger på del I, og vi ser at dersom solarkonstanten minker, vil isgrensen flytte seg mot en mindre x_s. Vi ser også at det er tre andre posisjoner på kurven som er mulige løsninger av ligningen for samme Q; både en posisjon langs del II og en langs del III. Dersom Q minker mer enn ca. 3%, vil isgrensen hoppe fra en verdi for x_s = 0.6 (ø = 37°N) til x_s = 0 svarende til en helt isdekket jord. For å få isen til å smelte igjen må Q økes til mer enn 30% over dagens nivå. Et av de spørsmål en slik beregning har reist er om isgrensen i dag har en stabil posisjon eller om den lett vil kunne hoppe over til en av de to andre mulige posisjonene på kurven. Nyere beregninger med mer kompliserte modeller viser at den nåværende posisjon er stabil, men posisjonen langs del II er en labil posisjon.

Disse modellene gir bare en beskrivelse av hvordan klimaet vil endre seg som følge av bare to parametre, solarkonstanten og albedoen ved jordoverflaten, men de viser at klimaet er følsomt overfor endringer i disse.



Grafisk framstilling av løsning på differensialligning.

Variasjoner i albedo

Både fra beregninger av energibalansen i jord/atmosfæresystemet og direkte fra målinger av reflektert kortbølget stråling fra jorden ved hjelp av satellitter, finner vi at jordens gjennomsnittlige albedo er ca. 0.40. Den varierer sterkt fra nyfallen snø (albedo 0.9) til mørkegrønn vegetasjon (0.10). Havets gjennomsnittlige albedo er også liten (0.10), mens skyenes albedo varierer sterkt fra ca. 0.5 til 0.9 avhengig av tykkelse og høyde. Utbredelsen av is og snø og av mengden av skyer har derfor stor betydning for den energimengde som blir absorbert ved jordoverflaten.

Ved hjelp av satellittbilder har man i de senere år lettere kunnet bestemme variasjonen i snø/isdekket, men det er fortsatt vanskelig å bestemme mengden av skyer fordi noen er så tynne at de ikke kommer fram på bildene. Disse tynne skyene absorberer likevel så mye solstråling at de har betydning for det totale strålingsbudsjett.

Mengden av skyer er avhengig av den mengde vann som fordamper fra verdenshavene og fra jordens overflate. Fordampningen vil øke dersom overflatetemperaturen øker. Dette kan igjen føre til mer skyer som vil kunne redusere innstrålingen, senke temperaturen ved jordens overflate og dermed fordampningen. Det er derfor ikke helt klart om en økning eller senkning av jordens middeltemperatur vil føre til større eller mindre skymengde over jorden. I de fleste klimaberegninger er derfor skymengde og også skyenes albedo antatt å være konstante. Hvilke feilkilder dette representerer vet man i dag ikke.

Endring av aerosolinnholdet i atmosfæren.

Ved siden av skyer vil en endring av antall faste partikler (aerosoler) i atmosfæren endre den kortbølgete energiflux-tetthet som når ned til jordoverflaten.

Den viktigste kilden for tilførsel av faste partikler har vært kraftige vulkanutbrudd. Disse kan føre store mengder partikler opp i troposfæren og nedre stratosfære. Undersøkelser etter Krakatoa (Indonesia) eksplosjonen i 1883 og også etter senere vulkanutbrudd har, etter de observasjoner som foreligger, ført til en svekkelse av den direkte solstråling i de nærmeste etterfølgende år inntil partiklene igjen falt ut.

Analyse av bunnsedimenter i verdenshavene viser også at i de siste to millioner år har det vært en relativt stor vulkanaktivitet. Vi kan derfor ikke se bort fra at en del av de kortperiodiske klimasvingningene kan ha sin årsak i variasjoner av vulkanaktiviteten på jorden.

Andre naturlige kilder for tilførsel av faste partikler er vinderosjon og store skogbranner. Mekaniseringen av jordbruket og også overbeiting i en del tørre områder kan ha økt tilførselen av partikler ved vinderosjon, men økningen er likevel ubetydelig i forhold til de mengder av partikler som blir tilført atmosfæren fra antropogene kilder (forbrenning av kull og olje). Man antar at mengden av partikler fra antropogene kilder i dag er ca. 10^7 tonn og utgjør ca. 25% av atmosfærens totale aerosolinnhold. Hvilken effekt dette vil ha på klimaet er vanskelig å beregne.

Målinger over USSR (Bodyko (1977)) har vist at den direkte solstråling på *klare* dager har minket fra 1960 til 1970. Noen steder så mye som 6%, men samtidig har den diffuse kortbølgestråling økt, slik at nettoeffekten er mindre. En del av disse målingene er gjort i nærheten av byer hvor den lokale forurensning kan være stor. Midlet over hele jorden vil derfor være betydelig mindre. Dessuten må man anta at på dager med skyer betyr aerosolinnholdet lite for den totale mengde av solstråling som når bakken. Ved å ta hensyn til dette kommer Bodyko (1977) fram til at det nåværende antropogene aerosolinnhold har redusert middeltemperaturen over jorden med ca. 0.5°C.

Tilførselen av antropogene aerosoler er ikke jevnt fordelt over jorden, men er størst på midlere og høyere bredder på den nordlige halvkule. Dette kan føre til sterkere reduksjon i solstrålingen over disse områder enn over andre og en tilsvarende reduksjon i temperaturen.

Atmosfærens drivhuseffekt

Den parameter man i dag mener har størst indirekte virkning på klimaet er mengden av karbondioksyd (CO_2) i atmosfæren. Siden CO_2 og også vanndamp absorberer termisk stråling fra jordoverflaten og sender noe av den tilbake mot jordoverflaten, vil jordoverflaten få en høyere temperatur enn det en balanse bare mellom absorbert kortbølget stråling og emitert langbølget stråling tilsier (drivhuseffekten). Mengden av karbondioksyd i atmosfæren i dag er ca. 325 ppm (parts per million) og øker med ca. 2% i året på grunn av forbrenning av kull og olje. Det er i de senere år gjort flere beregninger over hva en økning av CO_2 i atmosfæren vil ha å si for klimaet.

Alle disse beregningene, både med enkle modeller av klimaet og med store kompliserte modeller til å beskrive atmosfærens alminnelige sirkulasjon, viser at en fordobling av CO_2 innholdet vil føre til en økning i middeltemperaturen over jorden fra 1° til 3°C, og at temperaturen vil øke mest på høyere breddegrader. Denne økning er ikke bare en følge av drivhuseffekten alene, men en økt temperatur ved jordoverflaten vil føre til at is/snøgrensen trekker seg nordover. Dette vil endre albedoen i de nordlige strøk slik at absorbsjonen av solstråling ved jordoverflaten vil bli større.

Når temperaturen siden slutten av 40-årene likevel har sunket til tross for en økning av CO_2 innholdet i atmosfæren, mener mange at dette skyldes økningen av aerosoler, slik at atmosfæren blir mindre transparent for direkte solstråling. Men dersom CO_2 innholdet fortsetter å øke like mye som i dag, viser beregninger at temperaturen i fremtiden allikevel vil øke.

Modellering av klimaet

De fleste modeller som blir brukt i klimastudier er såkalte likevektsmodeller, hvor man ut fra gitte verdier av de indre og ytre klimaparametrene, forsøker å bestemme den temperaturfordeling ved jordoverflaten eller i atmosfæren som gir likevekt mellom mottatt og avgitt varme på hvert sted. Et eksempel på en slik forenklet likevektsmodell er gitt

ovenfor. Grunnen til at man bruker slike modeller er flere. Vi har ennå ikke tilstrekkelig viten om hvordan jord/atmosfæresystemet virker. Vi kjenner ikke godt nok varmeutvekslingen mellom hav og atmosfære eller det drag som atmosfæren utøver på havoverflaten. (Et eksempel på dette var usikkerheten om hvor oljeflaket etter Bravo-ulykken i Nordsjøen ville bevege seg).

Når vi ser bort fra de store overflatestrømmene i havet, er vår kunnskap om sirkulasjon i havet og hvordan vannmassene i dyphavene fornyes svært liten. Klimaet er også i høy grad avhengig av utbredelsen av is og snø både over land og hav og av jordoverflatens beskaffenhet og vegetasjon. Vi må ha opplysninger om det hydrologiske kretsløp (fordampning, kondensasjon, nedbør og avrenning), og for å ha full oversikt over den frie karbondioksydmengden i atmosfæren, bør vi også ha kjennskap til den totale biomasse som inngår i karbonioksydets kretsløp. Etterhvert som man har kunnet skaffe flere og nøyaktigere data fra hav og atmosfære, har det vært mulig å inkludere flere og flere klimaparametre i disse modellene.

Utviklingen av de store datamaskinene har også gjort det mulig å lage tidsavhengige sirkulasjonsmodeller både for atmosfæren og for havet. Ved hjelp av disse har man kunnet studere endringer i klimaet som følge av endringer i de ytre og indre klimaparametrene. Da atmosfæren og havet har svært ulik tilpasningstid til endringer i strålingsforholdene (på grunn av ulik varmekapasitet) har det vært vanskelig å lage en koblet modell mellom både hav og atmosfære. Det forstår man når man vet at den varmemengde som skal til for å endre middeltemperaturen i atmosfæren med 1°C bare vil endre middeltemperaturen i havet med 0.001°C(noe som vi ikke engang kan måle). Dersom man ønsker å studere langtidsendringer i klimaet som følge av langtidsendringer i innstrålingen, er det derfor helt nødvendig med en koblet hav/atmosfæremodell. Ved å bruke de største eksisterende datamaskiner har man særlig i USA, forsøkt å komme videre i dette arbeidet, og man håper at den ekstra innsats som blir utført under GARP-programmet for å skaffe tilveie bedre data fra hav og atmosfære kan gi et bedre datagrunnlag for disse klimastudiene, og at vi, før det er for sent, kan si noe om hvilken innflytelse den menneskelige aktivitet kan han på klimaet og livet på jorden.

Referanser

Bodyko, M. I., 1969 Tellus, 21, p. 611-619.

Bodyko, M. I. 1977 Tellus, 29, p. 193-204.

CLIMAP Procject Members, 1976 Science, 191, p. 1131-1155.

Hays, J. D., Imbrie, J., Shackleton, N. J., 1976 Science, 194, p. 1121-1132.

Milankovitch, M. 1930 Handbuch der Klimatologie, Teil A (Ed. Köppen und Geiger, Berlin).

North, J. 1975 Journal of Atm. Science, p. 1301-1307.

Bøker

J. Brey and R. B. Jones (Eds.): Critical Phenomena. (Lecture Notes in Physics No. 54). Springer 1976. 383 sider.

Kritiske fenomener har i mange år vært et populært forskningsfelt, og litteraturen er fremdeles i kraftig vekst. Denne boka inneholder forelesningene ved Sitges International School on Statistical Mechanics 1976. Den gir ingen systematisk oversikt over feltet. Dette er naturligvis heller ikke mulig å gi, men mange av de emnene som tas opp, er såvidt spesialiserte og perifere at boka ikke kan anbefales til ikke-spesialister som vil ha et riktig inntrykk av moderne teori for faseoverganger. Framstillingsmåten er kompakt og matematisk og forutsetter godt kjennskap til kritiske fenomener og statistisk mekanikk hvis lesningen skal bli meningsfylt. Verket kan trygt karakteriseres som helteoretisk da anmelderen bare har kunnet oppspore ett eksperimentelt resultat på de nesten 400 sidene.

Omtrent halvparten av boka er viet renormaliseringsgruppen som har revolusjonert teorien for kritiske fenomener. F. J. Wegner gir en kort, men lesbar innføring i sin egen formulering av renormaliseringsgruppeteorien og -utviklingen av kritiske eksponenter, mens S. K. Ma viser hvordan teorien kan anvendes på kinetiske likninger for å studere dynamiske kritiske fenomener. Dynamiske kritiske eksponenter beskriver oppførselen til reaksjonstider og transportkoeffisienter nær kontinuerlige faseoverganger. Ma skisserer hvordan formalismen kan benyttes til å beregne disse eksponentene for magneter med urenheter og for spinnglass, en ny type magnetiske legeringer. P. Szépfalusy og C. Enz behandler også dynamiske kritiske fenomener med anvendelser på strukturelle faseoverganger.

Det har vært kjent i mange år at det er formelle likheter mellom kvantefeltteorien for elementærpartikler og teorien for faseoverganger, og dette har virket fruktbart på begge områder. Et av de felles begreper er spontant brutt symmetri, og R. Brout diskuterer anvendelsene av dette begrepet i partikkelfysikk og supraledning. Spiren til renormaliseringsgruppen oppsto i partikkelfysikken, men idéen blomstret først opp da den ble omformulert og anvendt på kritiske fenomener. Suksessen her har igjen ført til at feltteoretikere har fått interesse for metoden, og L. Kadanoff beretter om sitt eget arbeid hvor han anvender renormaliseringsteknikken på modeller for hadroner som består av kvarker bundet sammen med «strenger». De to sistnevnte artiklene er kanskje de mest spennende i boka, men krever litt fortrolighet med teoretisk elementærpartikkelfysikk.

Tore Ottinsen

En nyttig formel for magnetisk flukstetthet i spoler

Halvard Sollie*)

I nesten alle lærebøker i fysikk, både i norske og utenlandske, finner vi at absoluttverdien av den magnetiske flukstetthet B midt i en luftfylt, rett spole med sirkulære vindinger, solenoide som den kalles i fysikkens verden, er gitt ved

$$B = \mu_0 \cdot i.N/L \qquad 1)$$

hvor μ_0 er den magnetiske konstant for tomt rom, i er strømmen i spolen, L er lengden og N er antall vindinger, se figur 1.

Formel 1) gjelder eksakt for uendelig lange spoler og med god tilnærmelse bare L er stor i forhold til spolediameteren 2R.

Det er bare det at spolene ikke er uendelig lange. Hva blir nå det eksakte uttrykk for B midt i spolen når den slett ikke er lang, men kort? Hvis man regner litt blir resultatet forbausende enkelt:

$$B = \mu_0.i.N/D \qquad 2)$$

hvor D er diagonalen i spolen, se figur 1. Måler man lengden L og diameteren 2R finner man D ved bruk av Pythagoras. Og med lommekalkulator går dette smertefritt.

Fordelen med formel 2) er at den gjelder for både de aller lengste spoler og for de aller korteste spoler som vi kan tenke oss, også for alle varianter mellom. Den gjelder altså for alle slags spoler som er rette og som har sirkulære vindinger.

Lar vi lengden L øke, nærmer D og L seg og formel 2) går over i formel 1). Går L mot null blir D = 2R, og vi får en sirkulær kveil med N vindinger og med radius lik R. For en slik blir da

$$B = \mu_0.i.N/2R \qquad 3)$$

Utledning av formel 2)

Brukes Biot-Savart's lov

$$\vec{dB} = \mu_0.i.\vec{ds}\times\vec{r}/4\pi.r^3$$

på en ringformet leder med radius R, blir vinkelen mellom $\vec{ds}$ og $\vec{r}$ lik 90° når vi setter opp et uttrykk for dB på z-aksen som står normalt på ringplanet og gjennom sentrum, se figur 2a. Komponenten langs z-aksen blir da:

$$dB_z = dB.\cos v = \mu_0.i.ds.\cos v/4\pi.r^2 = \mu_0.i.ds.R/4\pi.r^3$$

Integreres langs ringen blir s = 2πR, og i avstand lik r fra ringen blir da

$$B_z = \mu_0.i.2\pi.R^2/4\pi.r^3 = \mu_0.i.R^2/2r^3$$

Med N vindinger får vi N ganger så sterkt felt, og i kveilens sentrum blir r = R. Herav formel 3):

$$B_z = \mu_0.i.N/2R.$$

Nå legges sirkulære vindinger på hverandre i en stabel og vi får den berømte solenoiden. Antall vindinger pr. lengde er n = N/L. I et vilkårlig punkt på z-aksen, se figur 2b, blir bidraget fra stykket dL av spolen:

Fig. 1.

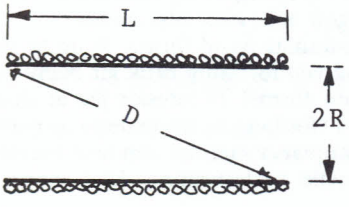
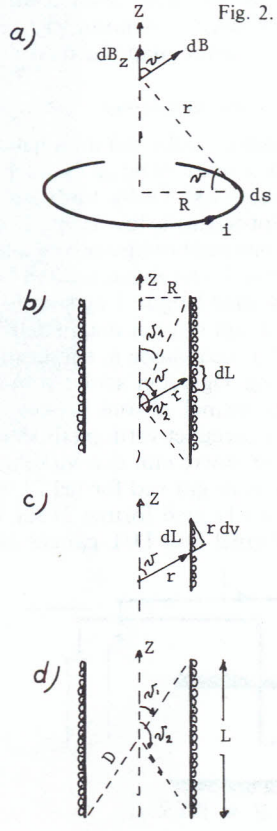


Fig. 2.



*) Lektor ved Tønsberg gymnas

$$dB_z = \mu_o.i.n.R^2.dL/2r^3$$

Her er R = r.sinv, se figur 2b og dL = r. dv/sinv, se figur 2c.
Herav:

$$dB_z = \mu_o.i.n.r^2\sin^2v.r.dv./2r^3.sinv = \mu_o.i.n.sinv.dv/2$$

Integreres over hele spolen fra v_2 til v_1, se figur 2b, får vi i et vilkårlig punkt på z-aksen:

$$B_z = \mu_o.i.n.(\cos v_1 - \cos v_2)/2$$

Dette uttrykk finner vi igjen i lærebøker (1,2). Det merkelige er imidlertid at ingen av lærebøkene spør etter B midt i spolen når den slett ikke er lang, men kort som spoler ofte er. Begge lar spolelengden gå mot uendelig. Da blir $(\cos v_1 - \cos v_2) = 2$ og for uendelig lange spoler blir da

$$B_z = \mu_o.i.n = \mu_o.i.N/L$$

Hvis vi derimot spør etter B midt i spolen uten det krav at den skal være lang, blir $(\cos v_1 - \cos v_2) = 2L/D$, se figur 2d. Altså:

$B_z = \mu_o.i.n.2L/2D = \mu_o.i.N/D$ ved å huske på at n = N/L.

Vi har nå utledet formel 2).

Jeg stusser litt over at formel 2) ikke er bedre kjent. Men forklaringen er vel den at lærebøker som behandler Ampere's lov lett utleder formel 1) og med Biot-Savart's lov kommer man raskt til formel 3). Og så nøyer man seg med det.

Konsekvenser for lærebøker i videregående skoler?

I videregående skoler må man ha en formel for B slik at man har noe å måle på og referere til. Formelen må serveres fiks ferdig fordi verken Ampere's lov eller Biot-Savart's lov er pensum. Derfor er strømvekta nærmest obligatorisk i alle norske lærebøker. Se figur 3. Der måles kraften F = B.I.l. på et lederelement med lengde l og som fører strømmen I når det er bragt inn i et magnetfelt med flukstetthet B. Et lodd med masse m sørger for likevekt. Da er B.I.l = mg. Og det er spoler som gir magnetfeltet og det er formel 1) som brukes. Formel 1) gir imidlertid en beregnet verdi på flukstettheten midt i spolen som er større enn den virkelige verdi midt i spolen og som er gitt ved formel 2). Sammenliknes nemlig formel 1) med formel 2) ser vi at beregnet verdi etter formel 1) er D/L ganger så stor som den

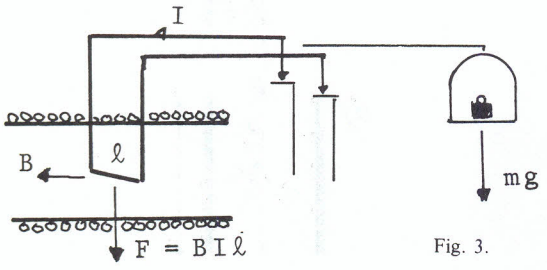


Fig. 3.

virkelige verdi. Dersom diagonalen for eks. er 10% lenger enn lengden, får vi 10% for stor verdi på flukstettheten midt i spolen. Denne 10% grensen har vi når spolediameteren 2R = 0,46 L. Enkelte av de spoler som leveres til strømvektsforsøk gir mer enn 10% avvik fra virkelige B midt i spolen når man bruker formel 1). Men tusenvis av skoler har for et ukjent antall elever brukt formel 1) og man har tilsynelatende fått akseptable resultater.

Når man gjør slike målinger, regner man med en middelverdi for B langs lederelementet som har lengden 1. Men magnetfeltet er ikke homogent, verken langs z-aksen eller langs radien og ut mot vindingene. Inhomogeniteten langs z-aksen spiller liten rolle her slik som lederelementet er hengt opp på tvers midt i spolen, heller ikke inhomogeniteten langs radien bare spolen er lang nok. Det er kveiler som har det mest inhomogene felt. I kveilens plan øker flukstettheten fra sentrum og ut mot vindingene samtidig som det avtar i styrke når man fjerner seg fra dette planet. Flukslinjene i en kveil bøyer jo raskt av og snor seg tilbake rundt vindingene. Gjør man strømvektsforsøk med kveil og bruker formel 3) til beregning av middelverdien blir denne mindre enn den virkelige fordi feltet øker langsmed 1. Men hvis lederen ikke ligger helt i kveilplanet, kan målt middelverdi på B bli mer i samsvar med den som beregnes. Selv om man velger lengden l omtrent lik radien R, kan man få tilsynelatende bra overensstemmelse mellom målt og beregnet B hvis man er litt sleivete med hensyn til plasseringen av lederelementet i kveilen. Noe av det samme har vi med spoler som ikke er lange nok. Feltet øker fra midt i spolen og utover mot vindingene. En eksperimentator som ikke er påpasselig nok med hensyn til lengden av lederelementet kan derfor komme i den situasjon at målt middelverdi på B er større enn den som beregnes etter formel 2) som gir eksakt verdi på B midt i spolen. Hvis inhomogeniteten langs lederelementet er tilstrekkelig stor, vil kanskje formel 1) gi best resultat. Jeg antyder herved at bruk av formel 1) pluss inhomogenitet gir feil som trekker i hver sin retning.

Virkningen av inhomogenitet i spoler kan reduseres ved å gjøre spolen større. Økes den linære dimensjon på spoleformen med faktoren x, blir både radien, lengden og diagonalen x ganger større. Bibeholdes trådtverrsnittet, blir også vindingstallet x ganger større, og trådlengden x^2 så lang som opprinnelig trådlengde. Med uendret verdi på strømmen får vi samme B. Og området hvor homogeniteten er god nok, øker tilsvarende.

På grunnlag av at formel 2) og formel 3) er eksakte og ved fornuftig bruk gir bedre forsøksresultater enn formel 1) foreslår jeg at skolene takker formel 1) for lang og tro tjeneste og permitterer den på grunnplanet men lar den leve videre i den postgymnasiale undervisning. Hva mener andre om det?

1. Berkeley Physics, Vol. 2, s. 203 (Mc Graw Hill)
2. T. Bjerge, Elektrisitet og magnetisme (Munksgaard)

Redaktørens kommentar:

Magnetfeltet rundt eller i en strømførende solenoide med endelig eller uendelig utstrekning har mange anvendelser, både praktisk og teoretisk. I lærebøker forekommer skjematiske tegninger av feltets utseende som lett kan lede leserne på villspor slik at de får en gal oppfatning av solenoidens egenskaper.

La oss først se på magnetfeltet rundt en enkel strømsløyfe med radius R og strøm I: Feltet i sløyfeplanet er svakest i sentrum og øker ut mot strømsløyfa. En finner følgende formel for flukstettheten i planet som funksjon av avstanden x fra sentrum: (1)

$$B(x) = (\mu I/2\pi)\cdot(R+x)^{-1} \{K + E\cdot(R^2-x^2)/(R-x)^2\} \qquad (A)$$

Her er

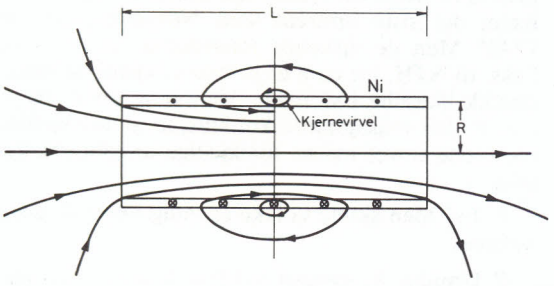
$K = K(\pi/2,\theta)$ et elliptisk integral av første orden

$E = E(\pi/2,\theta)$ et elliptisk integral av annen orden.

$k = 4Rx/(R+x)^2$ og $\theta = \arcsin(k)$

Vi ser av formel (A) at feltvariasjonen bare bestemmes av forholdet (x/R) og at *formen* derfor er konstant når sløyfa skaleres opp og ned i størrelse. En kan vise at dette også gjelder i aksens retning normalt på sløyfeplanet.

Formel (A) ovenfor er utledet under forutsetning av at trådtykkelsen til den strømførende sløyfa er uendelig liten. Flukstettheten går derfor mot uendelig når x = R. I det praktiske tilfellet vil tråden ha en endelig tykkelse d. Forutsetter vi at vi har likestrøm som fordeler seg jamt over trådtverrsnittet, vil flukstettheten på overflaten starte på den endelige verdien $\mu(I/\pi d)$ og så synke mot midten med «formfaktor» gitt av (A).



Feltet i og rundt et sylindrisk strømsjikt med lengde L, aksiell strømtetthet (Ni/L) og 2R/L~0,4. I midtplanet øker feltet fra aksen i radiell retning ut mot sylinderveggen. Feltlinjene ligger derfor tettest ved veggen. I aksiell retning er feltet sterkest i midten av sylinderen og avtar mot endene. I en spole med lite (2R/L)-forhold vil feltstyrken ved endeflatene med god tilnærmelse være halvparten av feltstyrken i midtplanet.

En solenoide med N vindinger tett inntil hverandre med lengde L kan vi tenke oss erstattet av N like strømsløyfer ved siden av hverandre med sentrene på en rett linje. Forutsetningen er at lederens tykkelse er liten i forhold til sløyfenes diameter. Av matematiske grunner (se artikkel foran) erstatter vi nå denne igjen med en idealisert konstruksjon, nemlig et sylindrisk sjikt med aksiell strømtetthet (Ni/L) og integrerer feltet fra differensielle elementer langs sylinderveggen. De samme egenskapene som vi fant for feltet fra strømsløyfa finner vi igjen for feltet fra strømsylinderen; totalfeltet er jo en superposisjon av feltene fra sløyfene. På grunn av symmetriforholdene blir feltet langs aksen størst på midten av strømsylinderen og avtar mot endene. I radiell retning vil derimot feltet være minst på midten og tilta mot sylinderveggen. Ettersom vi lager strømsylinderen lenger og lenger i forhold til radien, vil likevel feltvariasjonen i radiell retning på midten av sylinderen bli mindre og mindre, og ved uendelig lang sylinder blir feltet homogent og har konstant verdi over tverrsnittet. I dette idealiserte tilfellet er feltet utenfor strømsylinderen meget lite i forhold til feltet inne i sylinderen.

I det praktiske tilfellet har vi å gjøre med solenoider med endelig lengde L, og vår matematiske modell må gjenspeile dette faktum. Feltet i og rundt en «butt» strømsylinder med lengde L er framstilt i figur 1. På begge sider av midtplanet «lekker» det flukslinjer ut gjennom sylinderveggen. En slags «kjernevirvel» av feltet krummer seg rundt midten. Når forholdet (2R/L) blir lite nok, blir virkningen av flukslekkasjen også liten, og lange normalspoler kan derfor nyttes til kalibrering av magnetometre (2). De nyttes også til skoleforsøk for å få homogene felt der flukstettheten kan regnes ut med stor nøyaktighet fra en enkel formel. Ifølge (2) bør $(2R/L) \leqslant 0{,}05$ for en god normalspole. Solenoidene i læreboksillustrasjoner har oftest et stort (2R/L) forhold mens feltlinjene derimot er tegnet som for en spole med lite (2R/L) forhold, eller tilnærmet uendelig lang solenoide. En har også sett illustrasjoner der feltlinjene er tegnet tettest nær solenoideaksen.

I foranstående artikkel har forfatteren av praktiske hensyn erstattet en normalspole med en kveil av N vindinger som hver fører strømmen i. Feltet fra en kveil kan beregnes ut fra en fysisk modell som består av en serie strømsløyfer med stadig stigende radius (R_1 til R_2) som ligger konsentrisk og tett inntil hverandre i et plan. I matematisk sammenheng vil en kunne oppfatte dette som et flatt, ringformet strømsjikt med radiell strømtetthet $iN/(R_2-R_1)$, og en kan integrere feltet fra differensielle elementer. Dette blir en analog modell til det sylindriske strømsjikt.

I det praktiske tilfellet vil likevel forholdet $(R_2-R_1)/R_1$ være lite, og vi kan nytte formel (A) for feltet fra en strømsløyfe ved å sette inn $I = Ni$ og $R = (R_2+R_1)/2$ når feltet fra en kveil skal beregnes. Det er brukt et lederelement av lengde $l = R$, altså

lik radien av kveilen. Plasseres dette elementet symmetrisk i midtplanet av kveilen, kan vi da lett regne ut ved hjelp av (A) at feltet i ytterpunktene av elementet er 23% høyere enn på midten (3). I middel over lengden *l* blir feltet altså cirka 10% høyere enn den feltverdi i midten som kan fås eksakt av formel (3) i artikkelen ovenfor. En har derfor redusert det ene problemet i artikkelen foran til et spørsmål om en kan godta et 10% avvik mellom måleresultatet og det læreren setter opp som det teoretisk riktige svaret, nemlig feltverdien i sentret for kveilen. Rent praktisk vil vel stabilitetsforholdene for strømvekta bli påvirket når lederelementet står i et område med stor feltgradient: Likevektsstillingen blir labil når de magnetiske krefter nedover øker på begge sider av midtstillingen.

Det ble antydet ovenfor hvorfor en får godt samsvar mellom verdier beregnet ut fra formel (1) og resultater av skoleforsøk, når en nytter en butt solenoide: En innfører en systematisk hevning av den teoretiske verdi av feltet ut over senterverdien, men samtidig nyttes et lederelement med endelig lengde *l* som står i et felt med gjennomsnittsverdi litt høyere enn senterverdien. Graden av samsvar avgjøres av solenoidens geometri (formfaktor) og lederelementets størrelse og plassering, dvs. forholdene (2R/L) og (*l*/2R).

I det praktiske tilfellet vil en ved å nytte formel (2) sannsynligvis få avvik mellom det teoretiske svaret læreren stiller opp og resultatet av skoleforsøk. En har likevel den tilfredsstillelse at en har nyttet en eksakt formel og ikke lurt elevene. Vi er derved kommet tilbake til samme spørsmål som ovenfor: Hvor stort avvik mellom «fasit» og måleresultat kan tolereres i skolesammenheng? En utvei er naturligvis å forklare oppmerksomme elever om feltinhomogenitetens innvirkning på måleresultatet, men det kan vel kanskje avlede oppmerksomheten fra den viktige loven som forsøket skulle demonstrere.

1. Electromagnetic Theory, Problem 4, s. 263, J. A. Stratton, McGraw Hill, N. Y. 1941.
2. Praktische Physik, Bd 2, s. 84 F. Kohlrausch, Teubner, Leipzig 1953.
3. Handbook of Chemistry and Physics, 45 Edition s. All8, The Chemical Rubber Co. Ohio 1964.

Forts. fra side 62.

koksalt, som gjør den vederstyggelig til blanding med --

T: Nåda! Se heller på kontrasten mellom intensjoner og resultater. F/K 8 p 15 sier: «Når vi skal lære Ohms lov, trenger vi bare å huske den slik: U = RI. Begge de to andre formlene kan vi utlede av denne formlen.» Det er jo hyggelig å se at Brandt og Frøshaug («vi») kan det, men av mine «videregående» elever er knapt halvparten i stand til å vrenge en slik formel og forstå hva de gjør, selv etter repetisjon i mine timer! Nei, med de fysikk/kjemitimer som er til disposisjon i ungdomsskolen i dag, burde mine elever ha hatt et læreverk som inneholdt tredjeparten av Brandt/Frøshaug, og alle burde ha hatt *samme* tredjeparten, lest den, hatt elevøvinger i den, og regnet en hel masse oppgaver i den. Lærerverket ville sett ynkelig tynt ut, uten redoks reaksjoner, uranfisjon o.l., men dog ikke så ynkelig tynt som det fysikk/kjemi grunnlag som de svakere elevene bringer med seg fra ungdomsskolen i dag.

S: -- og de burde ikke glemt lysstoffet når de forklarer lysstoffrør --

T: - eller sagt at en 40 W 220 V lyspære har 1200 ohm motstand når enhver plagsomt foretaksom elev med ohm-meter vil måle 125 ohm. Joda, joda. Men slike elever er allerede i den bedre tredjedelen. De andre sitter bare igjen med en avmektig følelse av at fysikk og kjemi er alt for stort, viktig og vanskelig til at *de* noensinne vil bli betrodd å anvende det. De har jo aldri virkelig regnet ut noen svar som *de selv* har hatt bruk for. Jeg har de samme elevene i matematikk: Der er de bedre motivert, for pluss og minus, gange og dele vet de er brukbart *for dem selv,* og at de lett blir lurt på akkorden uten.

S: Du mener at de føler at de *lærer* matematikk, men at de lærer *om* fysikk/kjemi, det første til selvhjelp, det siste omtrent som Norgeshistorie før 1940? Men de virkelige interesserte, de som vil f.eks. til NTH, for dem er jo fysikk/kjemi og matematikk likestilte i så måte. Men dette fører oss jo rett til den reaksjonære konklusjon at forskjellige motiverte elever må ha forskjellige ungdomsskoleplan --

T: Fy! Men skulle vi ikke egentlig *anmelde* disse bøkene?

S: Umulig. Vi kjenner jo lite til andre, konkurrerende læreverk, og vi har dessuten verken gått i eller undervist i ungdomsskolen!

Trondheim 23. aug. 1978

Turid Sigmond *Svein Sigmond*

DEN NEDERLANDSK-NORSKE REAKTORSKOLEN

Institutt for Atomenergi, Kjeller

KURS HØSTEN 1978

DATABEHANDLING

11/9 —15/9	Grunnkurs i databehandling
18/9 — 6/10	FORTRAN
4/12— 7/12	Bruk av NORD-10
16/10—27/10	Assembly programmering — MIXAL
13/11—17/11	Videregående programmeringsmetodikk i FORTRAN
30/10—31/10	INTERCOM
1/11— 2/11	NOS/BE, operasjonssystem for Control Data CYBER 74
6/11— 7/11	UPDATE
27/11— 1/12	Filbehandling

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

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim — NTH

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dr.philos, Tormod Riste, Inst. for Atomenergi, Keller.
Styre: Dosent R. S. Sigmond, NTH, Trondheim
Amanuensis Ove Bratteng, Universitetet i Tromsø
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo, Blindern
Førstelektor K. Myklebost, Universitetet i Bergen

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

Postgirokonto: 5 88 38 89 Bankgirokonto: 5102.20.16001

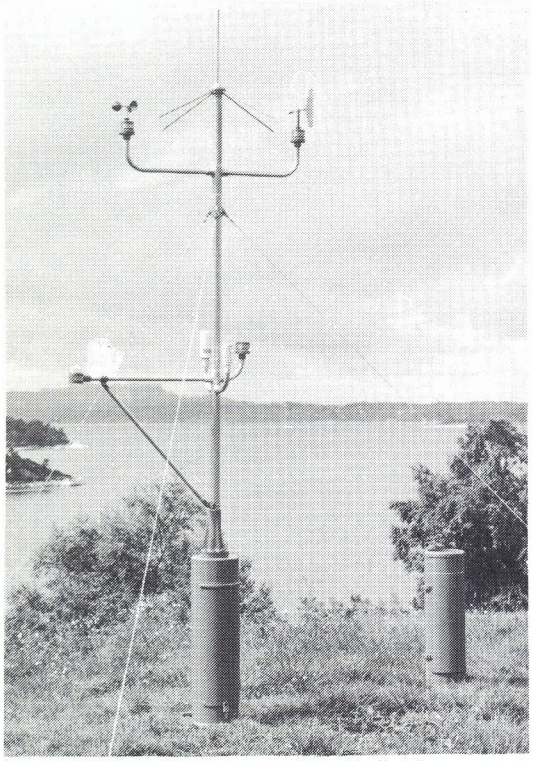
Fra Fysikkens Verden

Redaktør:
Forsker Olav Steinsvoll,
Institutt for Atomenergi, 2007 Kjeller.
Redaksjonssekretær:
Lab.ing. Halvard Torgersen, Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.
Redaksjonskomité:
Førsteamanuensis Tryggve Grotdal,
Fysisk Institutt,Universitetet i Bergen,
5014 Bergen.
Forsker Jan Myrheim,
EP Division, CERN CH-1211-Geneve 23,
Sveits.
Førstelektor Øivin Holter,
Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo,
Blindern, Oslo 3.
Lektor K. Jostein Knutsen,
Luftkrigsskolen, 7000 Trondheim.
Fagsekretær Helge Klemsdal,
Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 30.00. Årsabonnenment 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: 5 10 47 24 Bankgirokonto: 8601.36.12279



AUTOMATISK VÆRSTASJON 2346
er bygget opp omkring datalogger DL-1 som har samme måleprinsipp og registrering som den velkjente Aanderaa strømmåler RCM4. Dataloggen og de flest 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.

AUTOMATISKE VÆRSTASJONER
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

NTH-Trykk
Trondheim