Fra Fysikkens Verden

Nr. 4 – 1994
56. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Alv Egeland:
Kr. Birkeland på 200-kr seddelen 100

Eivind V. Thrane:
ALOMAR – Romfysikk og miljø 103

Thormod Henriksen:
Ozonlag og UV-stråling 108

Fra Redaktørene 98
In Memoriam: Odd Dahl 98
Hva skjer 99
Nobelprisen i fysikk 1994 114
Fra Fysikkens Historie 116
Bokkronikk 118
Bokomtaler 121
FFV-trim 3/89 – en hjemsøkelse ... 123
Trim i FFV 125
Nye Doktorer 125
Dr.scient. Einar Grønvoll
Dr.scient. Bjarte Kileng
Dr.ing. Katrin Nord-Varhaug
Nytt fra NFS 127
Fysikkpriser 1995

KR. BIRKELAND PÅ 200-KRONERSEDDELEN
(Se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Forsidebildet på dette nummeret av FFV viser den nye 200-kronerseddelen med et portrett av professor Kristian Birkeland mot en bakgrunn av stilisert nordlys. Lanseringen av seddelen ble nylig markert i Norges Banks aula med et miniseminar, der først og fremst fysikeren Kristian Birkeland ble fremhevet. Han må uten tvil ha vært en av de mest kreative vitenskapsmenn Norge har fostret, og Norges Bank fortjener honnør for å ha forstått dette og latt Birkeland pryde den nye seddel.

Våre lesere vil finne en nærmere omtale av vitenskapsmannen og innovatøren Birkeland annet sted i bladet. Siden FFV også fikk være til stede på miniseminaret, vil vi gjerne få trekke fram to poenger som vi spesielt grep fatt i:

– Birkelands idéer, teorier og ikke minst eksperimenter var unike, og bidro til å plassere norsk fysikk på verdenskartet – kanskje for første gang. Hans hjerte lå helt åpenbart i vitenskapen. Men for å skaffe de nødvendige forskningsmidler for å kunne forfølge sine idéer, hadde han et meget våkent øye for fysikkens og sine egne idéers anvendelser, noe hans over et halvt hundre patenter med stor tydelighet viser. Men det var hans forankring i den "unyttige" vitenskapelige forskning som var selve grunnlaget for anvendelsene. Når politikere i de fleste fasonger og posisjoner i dag uttaler seg om forskning, om "hva vi skal forske på" kjenner de neppe eksemplet Birkeland. Vitenskap føder det som er selve grunnlaget for anvendelsene – idéene – og de kommer ikke på bestilling.

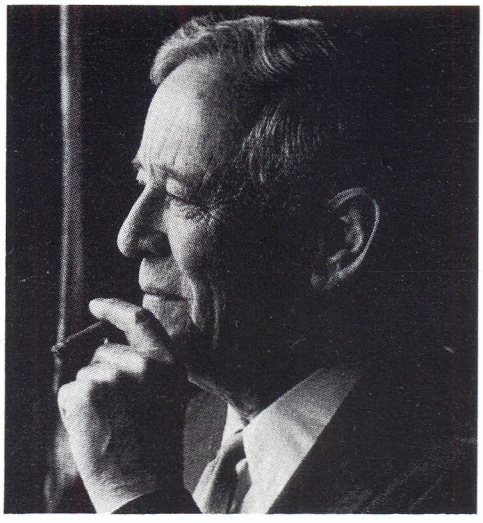
– Det andre poenget fikk vi fra et ganske uventet hold. Birkeland trengte kapital for å realisere sine idéer og henvendte seg til den svenske fiansmannen Marc. Wallenberg. I sitt svar – som forøvrig denne gang var et høflig avslag – bekjenner storkapitalisten at han betrakter seg som *"utvecklingens" tjenare*,

– som igjen fører oss til en aldri så liten konklusjon: nyskapning og vekst til samfunnets beste forutsetter både tilfang av idéer og tilgjengelig kapital. Begge er like viktige, og nødvendig tilrettelegging representerer meningsfylte funksjoner for fellesskapet. Kanskje en aldri så liten tankevekker, med tidens karrièreklatring og jappekultur i friskt minne.

∞

In Memoriam

Odd Dahl 1898 – 1994



Odd Dahl døde i Bergen den 2. juni i år. Han skrev sitt navn inn i atomalderens og akseleratorenes historie, ikke minst som en av CERNs fedre. Nordmenn kan i CERNs nylig utkomne historie med stolthet lese om vår landsmanns innsats. Odd Dahls lange livsløp falt fra ungdom til moden alder sammen med akseleratorenes vekst fra nærmest leketøystørrelse til de maskinene som la grunnlaget for det vi i dag kaller *Big science*. Han var en av dem som ga vesentlige bidrag til denne veksten.

I 1981 kom det ut en bok med tittelen *Trollmann og rundbrenner,* basert på samtaler med Odd Dahl. Ut fra hans eventyrlige liv og mangslungne karriere er tittelen ingen overdrivelse. Hans formelle utdannelse var ytterst begrenset, han må nærmest betegnes som selvlært – han plukket som Askeladden opp ting langs veien. 24 år gammel var Odd Dahl med Roald Amundsen over Polhavet som ekspedisjonens flyver og altmulig-mann, også observatør. Mens andre lå ved Cambridge, lå Odd Dahl, med Jens Chr. Hauges ord, i Polarisen og studerte ved et virkelig polarinstitutt "Maud College", under Harald Sverdrup, ekspedisjonens vitenskapelige leder.

Åtte år senere, i 1931, mottok han, nå ved The Carnegie Institution of Washington, som en av de tre norskættede "musketerene" Tuve, Hafstad, og Dahl, sammen med Gregory Breit, den årlige *American Association for the Advancement of Science*-prisen for fremragende bidrag til vitenskapen, for Tesla-prinsippet. Nordisk Tidende utropte dem til *"Giants in Electri-*

city"; Odd Dahl var kommet blant høyvolt-pionerene, tent på å "løsgjøre atomets kraft".

I mellomtiden hadde han også tatt seg over Andesfjellene og ned Amazonasfloden, og deretter gjennomført en strabasiøs tur gjennom deler av Asia. Lysten til å møte utfordringen var sterk. Den ga seg heller ikke helt da han gikk over i pensjonistenes rekker: En rekke skipsmodeller ble til på kjøkkenbenken, "sjøsatt" i stuen, og mange også ferdigrigget hos mottakere som Den amerikanske ambassaden i Oslo, hvor fregatten "Constitution" fikk en varig havn. Odd Dahl var med egne ord gått over til det "lille format".

Merkestenene knyttet til nordmenns og Norges deltakelse i atomalderens framvekst ruver likevel mest. I år gikk Nobelprisen i fysikk til Shull (79) og Brockhouse (76), to nå tilårskomne herrer, for nybrottsforskning med nøytroner fra de første atomreaktorene i USA og Canada på 1940- og 1950-tallet. Den 28. november 1951 ble atomreaktoren på Kjeller offisielt åpnet, den første utenfor stormaktsmonopolet. Odd Dahl hadde stått for design, det tekniske, og ikke så lite av det praktiske arbeidet. Hvordan det hele forløp er en av de mest spennende og eksotiske episodene i vår etterkrigshistorie.

Den 5. februar 1960 ble CERNs proton-synkrotron, selve stormaskinen, offisielt innviet. Et sjansebetonet, men lykkelig valg var blitt foretatt åtte år tidligere. Odd Dahl vil internasjonalt framfor alt bli husket i denne sammenhengen, som leder av CERNs synkrotron-planleggingsgruppe. Ved å foreslå at CERN satset på AG-fokuseringsprinsippet, på den tiden tidlig på 50-tallet under utvikling ved Brookhaven, kom CERN allerede i første fase inn på banen med stor tyngde. Dahls tillit til sin intuisjon, mer enn full kunnskap, lå til grunn for et av CERNs viktigste valg. En viktig del av det påfølgende planleggings- og konstruksjonsarbeidet ble faktisk foretatt i Bergen. I 1952–53 kunne man treffe ekteparet Milred og John Blewett, utlånt for ett år fra Brookhaven til CMI, i arbeid ved "Geofysen" sammen med Odd Dahl og Kjell Johnsen, ifølge Dahl den første fast ansatte CERN-funksjonær.

Høsten 1955 valgte Dahl, som han selv uttrykte det, å "hoppe av" fra en spennende, men slitsom pendlertilværelse mellom Bergen og Genève. Jobben hadde fått et format hvor de som ville være med på leken videre måtte engasjere seg fullt ut og bosette seg i Genève. Dahl valgte andre utfordringer hjemme, med ankerfeste i CMI.

Det var Helland-Hansen, nok med inspirasjon fra Sverdrup, som midt på 30-tallet hadde hentet Odd Dahl til CMI og forhindret at han gjorde amerikaner av seg. I de følgende årene var han med på å skaffe Norge tre operative Van de Graaff-akseleratorer: en ved NTH, en ved Haukeland sykehus i Bergen – på den tiden verdens største kreftbehandlingsanlegg, og en ved det nyopprettede Universitetet i Bergen. Fra sin base ved CMI kunne Dahl ta på seg en rekke spennende oppdrag, også etter at han trakk seg ut av CERN-arbeidet. Nå kom arbeid med hav, atmosfære og verdensrom til å stå i sentrum, og spesielt arbeid med å få opp instrumentlaster med raketter. Fra å ha vært med på å ta atom-alderens første steg, ga den nå godt voksne Dahl seg i kast med rom-alderens.

Odd Dahl hadde en intuitiv evne til å "spikke til" ting slik at de virket. Han *søkte* også utfordringene, eller med hans egne ord: "Høres det veldig gloriøst ut hvis jeg sier at det ikke bare var eventyrlyst, men like meget et ønske om å søke utfordringer som var drivkraften bak reisene mine, både de realiserte og de som aldri ble til noe? Kanskje. Ikke desto mindre forholdt det seg slik." Odd Dahl som neppe ville ha latt seg omtale som vitenskapsmann i streng forstand, hadde likevel en indre drivkraft som var vitenskapens egen.

P.S. Jeg vil takke Asbjørn Søreide for gode kommentarer til dette korte tilbakeblikket; og på vegne av fysikerkolleger, også takke ham for den støtten han ga Odd Dahl da livskvelden begynte å bli lang.

Jan S. Vaagen

∞

Hva skjer

Seminar i Biomaterialers fysikk

Et internasjonalt *Nato Advanced Study Institute* seminar med tittelen *"Physics of biomaterials: Fluctuations, selfassembly and evolution"*, vil bli holdt på Geilo i tiden 27. mars til 6. april 1995.

Det vil bli gitt eksperimentelle og teoretiske forelesninger innen følgende emner (på engelsk):

Adaptasjon, amphiphilics, complexity, biopolymers, energy landscapes, colloids, evolution, DNA, RNA, extinction, polymers, selection, proteins, selfassembly, species.

Påmeldingsfrist 1 januar 1955. Mer informasjon om seminaret kan fås fra NFS' sekretariat (se FFV's bakside).

∞

Kristian Birkeland preger 200-kronerseddelen

Alv Egeland *

Et flertonet portrett av professor Kristian Birkeland, hans originale terrella-eksperiment, nordlyset og dets forekomst i relasjon til vårt land, og Birkelands geniale strømsystem for overføring av energi fra solen til jorden, preger den nye 200-kronerseddelen (Figur 1).

Fig.1a. Forsiden av den nye 200-kronerseddelen viser et portrett av Kristian Birkeland mot en stjernehimmel med nordlys. Vi ser det kjente stjernebildet Store bjørn eller Karlsvognen, med Polarstjernen over. Snøkrystallen er med for å illustrere at nordlyset observeres i vinterhalvåret. Birkelands terrella-eksperiment, hvor han laget kunstig nordlys, sees til venstre.

Fig.1b. Baksiden av seddelen viser et kart over en del av polarområdene med dagsiden av nordlysovalen tegnet inn. Vi ser at den går over Svalbard, og det betyr at en der kan se nordlys om dagen i mørketiden. Både den geografiske polen og den magnetiske – lengst nord i Canada – er avmerket. Likeledes er området hvor solen er mer enn 10° under horisonten midt på dagen ved vintersolverv merket av med en hvit sirkel. Skissen til høyre viser hvordan Birkeland tenkte seg det elektriske strømsystemet i samband med en nordlysbue.

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Kristian Olaf Bernhard Birkeland – fra 1895 kalte han seg bare Kr. Birkeland – ble født den 13.12. 1867 i Christiania. I 1890 tok han reallærereksamen (tilsvarende cand.scient.) med hovedvekt på fysikk. I tillegg hadde han en solid utdannelse i matematikk. Han ble ansatt som stipendiat i 1893, og i 1898 ble han utnevnt til professor i fysikk ved Universitetet i Kristiania. To år tidligere – før han var 29 år – ble han valgt som medlem i Det Norske Videnskaps-Akademi. Birkeland var gift, men hadde ingen barn. De siste tre årene av sitt liv bodde han i Egypt, men døde i Tokyo den 15.06. 1917, før han ble 50 år.

Naturvitenskapsmannen Kr. Birkeland publiserte ca. 70 vitenskapelige avhandlinger (de fleste på fransk) og skrev tre monografier (den ene på over 800 sider). Industriforskeren Birkeland hadde 59 patenter; tolv i forbindelse med Birkeland–Eyde-ovnen, mens fem var knyttet til den elektromagnetiske kanon. For å illustrere bredden i Birkelands oppfinnelser, kan vi nevne at han hadde patenter innenfor fettherding, tørking av fisk, behandling av organiske rester, konstruksjon av mekanisk høreapparat og medisinsk strålebehandling.

For nordmenn flest er nok Kr. Birkeland best kjent for samarbeidet med Sam Eyde og deres etablering av Norsk Hydro a.s i begynnelsen av vårt sekel. Men for Birkeland var dette bare en episode i hans rike livsverk. Han startet også to andre selskaper, "Birkelands Skydevaaben" og "Birkelands Strømbrytere." Hans innsats innen anvendt forskning var motivert ut fra ønskemålet om å skaffe større ressurser til grunnforskningen.

Det er nordlysforskeren Kr. Birkeland som preger den nye 200-kronerseddelen. I 1895, etter å ha publisert den første generelle løsningen av Maxwells ligninger og uttrykket for Poyntings vektor i det franske vitenskapsakademi (Comptes rendus) i 1894 og –95, bestemte Birkeland seg for å gå løs på nordlysproblemet. Det var bevegelsen av elektrisk ladede partikler i et magnetisk felt som "trigget" ham, og han studerte i detalj hvordan elektronstråler blir avbøyet og styrt ned mot en magnetpol. Det satte hans fantasi i sving, og den første realistiske nordlysteori ble resultatet. Hovedideen var at energirike partikler fra

solen blir innfanget av jordens magnetfelt og styrt ned mot polområdene. Atmosfæren bremser partiklene som derved 'tenner' atmosfæregassene slik at de lyser.

Til støtte for sin teori utførte Birkeland avanserte forsøk i laboratoriet, de såkalte terrella-eksperimentene (Figur 2). Det fantastiske var at han kunne demonstrere sin nye teori allerede året etter, i 1897, og for første gang fremstille "nordlys" i laboratoriet. I 1890-årene var dette den mest avanserte form for eksperimentalfysikk.

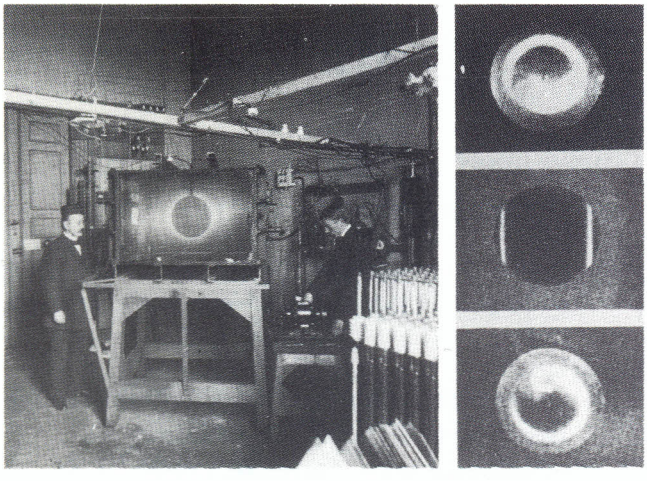


Fig.2. Kristian Birkeland (med sin typiske hatt) og hans assistent, ingeniør Karl Devik, i terrella-laboratoriet. Til høyre ser vi "nordlyssonene" fra terrella-eksperimentet. På bildet i midten er "jorden" sett fra ekvatorplanet.

Birkelands laboratorieforsøk, hvor han i en stor glasskasse laget en modell av jordens nære verdensrom og dets magnetfelt, var meget viktige. Inne i kassen monterte han en liten kule, terrellaen, med en elektromagnet inni. Når luften var pumpet ut av kassen, "skjøt" han elektronskyer mot terrellaen. Disse forsøkene illustrerte elektronenes passasje gjennom verdensrommet, hvordan de ble avbøyet i sine baner på grunn av jordens magnetfelt, og beliggenheten av nordlyssonene.

Birkeland mente også at han ved sine terrella-eksperimenter kunne påvise slike fenomener som Saturns ringer, solflekker, solaktivitet og zodiakallys, og hans terrella-eksperimenter vakte internasjonal oppmerksomhet.

Det som opptok Birkeland aller mest i slutten av forrige århundre, var å underbygge sin nordlysteori og terrella-eksperimenter med målinger ute i naturen. På hans initiativ ble verdens første nordlysobservatorier (det var faktisk to) bygget i Finnmark (Figur 3). Den 17. oktober 1899 sto observatoriene ferdige på fjelltoppene Haldde (da kalt Sukkertoppen) og Talviktoppen i Alta, takket være en enorm innsats av Birkeland[1]; og vinteren 1899–1900 overvintret han med sine assistenter der på den mest værharde arbeidsplass i Norge. Når vi ser Birkelands initiativ i forhold til hans noe svake fysikk, er det ingen tvil om at han utviste stort mot – eller var det dumdristighet drevet fram av en ubendig trang til å sette egne teorier på prøve[2]?

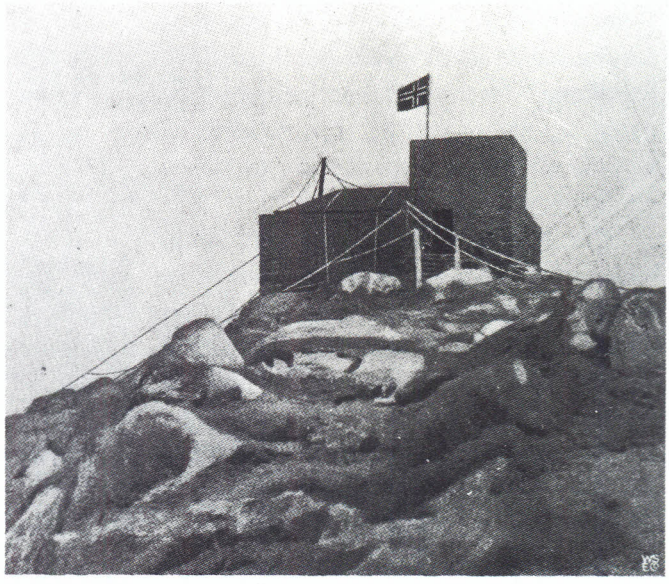


Fig.3. Nordlysobservatoriet som Birkeland fikk bygd på Halddetoppen i Alta i 1899. Her overvintret han sammen med sin assistent, E. Boye, og en kokk, fra 1899 til 1900.

Birkeland oppdaget nye sider ved nordlyset. Han observerte at magnetfeltet gjorde tydelige utslag under nordlysutbrudd, ikke bare på Haldde, men også så langt sør som Potsdam i Tyskland. Det ga Birkeland den beste støtte for teorien om strømmene langs magnetfeltet som bøyde av og fulgte nordlysbuene: nordlys-elektrojeten ca. 150 km over bakken.

Birkeland utvidet sin nordlysteori til også å inkludere forstyrrelser i jordens magnetfelt. Nettverket av observatorier måtte utvides, og vinteren 1902–03 utrustet han fire stasjoner: en i Kaafjord i nærheten av Haldde, en på Island, en på Svalbard og en på Novaja Zemlja. Med denne ekspedisjonen innførte Birkeland den globale betraktningsmåte av nordlysproblemet. Hans klassifisering og analysering av lokale og globale geomagnetiske stormer er detaljert omtalt i hans hovedverk på 800 sider: *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902–03*[3].

Basert på hans teori, laboratorieforsøkene, og de omfattende observasjonene, bidrog Birkeland til store vitenskapelige fremskritt i den fysikalske forståelsen av de såkalte magnetiske stormene.

Birkelands eksperimenter med terrellaen som en "sol" (han snur polariteten, og kulen sender ut skyer av elektroner) vakte oppmerksomhet. Han ble kalt *"the founder of experimental astrophysics,"* og er blitt omtalt som "verdens ledende eksperimentalfysiker"[4]. I perioden 1912–14 publiserte Birkeland sine teorier om solflekkenes variasjon med solens magnetfelt, solflekkperioden og aktiviteten i solens korona. Han har skrevet og holdt foredrag om vårt solsystem og "Om verdnernes tilblivelse." Hans teorier er hovedsakelig basert på eksperimentelle analogier fra terrellaforsøkene. Det er i denne sammenheng han konkluderer at elektriske og magnetiske krefter er helt avgjørende for å forstå universets utvikling: Newtons gravitasjonskrefter er ikke nok[5].

Birkelands teorier var ofte for fantasifulle for datidens eksperter, og mange var meget reserverte. Etter at det nære verdensrom nå er blitt kartlagt i detalj ved hjelp av raketter og satellitter, har situasjonen forandret seg. Birkelands arbeider har fått ny aktualitet og interesse.

Birkelands aktivitet hadde et omfang og en tyngde som tidligere var helt ukjent i norsk forskning. Han innførte "den moderne fysikk" i Norge, og startet et nytt forskningsfelt, den kosmiske geofysikk, dvs. fysikken om den øvre atmosfære. I en kort, men hektisk periode satte han i gang et stort antall nye forskningsprosjekter og bygget opp et aktivt miljø. Birkeland samlet om seg en gruppe unge aktive forskere som han inspirerte og stimulerte til å yte sitt beste. Det er tilstrekkelig her å nevne navn som Sæland, Størmer, Vegard, Skolem, Krogness og Devik som alle ble professorer.

Kristian Birkeland var en usedvanlig og allsidig utrustet vitenskapsmann. Hans intellektuelle evner og eksperimentelle innsats er imponerende. Det er nesten som et eventyr å følge Birkelands liv og livsverk. Han hadde en skapende og livlig fantasi og en enorm kombinasjonsevne.

Birkeland var en av de mest originale og selvstendige vitenskapelige begavelser som vårt land har fostret. Hadde han satt seg noe i hodet, var det ingen som klarte å stoppe ham. Han var en Espen Askeladd som vant vitenskapens prinsesse, og var med på å skape et nytt kongerike.

Referanser

1. Devik, O.: *Blant fiskere, forskere og andre folk.* **H. Aschehoug & Co., Oslo,** (1971).
2. Brekke, A. og Egeland, A.: *Nordlyset – kulturarv og vitenskap.* Grøndahl og Dreyers Forlag AS, Oslo, (1994).
3. Birkeland, Kr.: *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902–1903. Vol. I, First and Second Section.* **H. Aschehoug & Co., Christiania,** (1908; 1913).
4. Peratt, A.L.: *Birkeland and the Electromagnetic Cosmology.* Sky & Telescope, p. 389, (1985).
5. Alfvén, H. og Egeland, A.: *Auroral reserach in Scandinavia.* The Norwegian Academy of Science and Letters, No. 1, (1988).

∞

Fysikk er morsomt

Studer fysikk!

ALOMAR – Romfysikk og miljøforskning

Eivind V. Thrane *

Nord-Norge med Svalbard har en enestående beliggenhet når det gjelder utforskning av den øvre atmosfære i nordlyssonen og polområdet. Det milde klima og den godt utbygde infrastruktur gjør området lett tilgjengelig og attraktivt for det internasjonale forskningsmiljø. Nasjonalt og internasjonalt er det gjort meget betydelige investeringer i forskningsinstallasjoner som kan utnytte disse fortrinn. Vi kan nevne Andøya Rakettskytefelt, observatoriene ved Universitetet i Tromsø og European Incoherent Scatter Facility (EISCAT). EISCAT utvider nå med en nytt stort radaranlegg på Svalbard. Investeringene har båret rike frukter i form av vitenskapelige resultater, internasjonale forskningsprosjekter, utdanningsmuligheter og arbeidsplasser innen høyteknologi. I 1994 har vi fått et tilskudd til denne forskningsparken, ALOMAR.

Legg merke til akronymet ALOMAR, som ruller lett av tungen med en antydning til eksotisk ettersmak! Bak denne språklige nyskapning skjuler det seg et nytt og spennende internasjonalt prosjekt: *Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research.* På fjelltoppen Ramnan, like ved Andøya Rakettskytefelt, står det nå ferdig et observatorium for studier av den midlere atmosfære, det vil si luften i høydeområdet 10–100 km over bakken. Svært mange forskere fokuserer idag sin interesse på dette høydeområdet fordi de kompliserte prosesser som finner sted der er av betydning både innen romfysikk og miljøforskning. Norske forskere har interesser i begge disse fagfelt, og jeg skal kort beskrive det nye prosjekt og vår deltakelse i det. La meg imidlertid først gi noen opplysninger om den delen av atmosfæren som ALOMAR skal studere.

Den midlere atmosfære

Den midlere atmosfære omfatter den lavere ionosfære som reflekterer og absorberer radiobølger, og ozonlaget som skjermer oss mot ultrafiolett stråling. Den nedre del av området grenser mot troposfæren med alle de værfenomen vi kjenner så godt. Den øvre del grenser mot det nære verdensrom, ionosfæren og magnetosfæren, der elektromagnetisk- og partikkelstråling fra solen og verdensrommet gir opphav til bl.a. nordlys og fenomener knyttet til dette. Den midlere atmosfære er derfor et viktig grenseskikt der romforskning og meteorologi møtes, og ALOMAR vil ha særlig betydning fordi det ligger ved høye bredder og samtidig i nordlyssonen. Vi vet alle fra den offentlige debatt om ozonproblemet og drivhuseffekten at menneskelig aktivitet *kan* ha betydning for utvikling av vær og klima, og det er i høyeste grad påkrevet å overvåke utviklingen også i den midlere atmosfære ved høye bredder. Polarområdene er særlig følsomme for klimaforandringer, og vi vet idag altfor lite, både om de naturlige variasjoner og om mulig antropogen innflytelse på den midlere atmosfære.

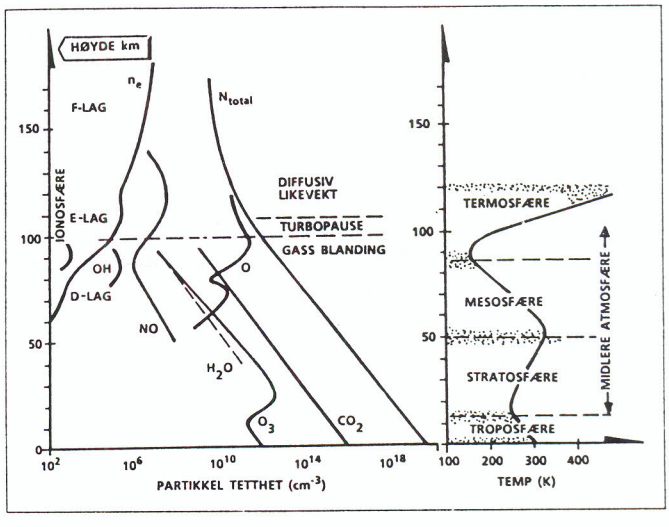


Fig.1. Struktur og sammensetning av atmosfæren under 150 km. Høydevariasjonen av noen utvalgte gasser er indikert. Parameteren n_e er konsentrasjonen av frie elektroner i ionosfæren.

Figur 1 gir en oversikt over atmosfærens temperaturvariasjon og sammensetning i høydeområdet fra bakken til ca. 150 km. Den midlere atmosfære omfat-

*Forsvarets forskningsinstitutt og Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

ter *stratosfæren*, der temperaturen øker med høyden, *mesosfæren*, der temperaturen kan falle til litt over 100 K ved ca 90 km, og *den lavere termosfære*, der temperaturen igjen stiger. Tettheten avtar eksponensielt med høyden, slik at 78 % av massen finnes i troposfæren, mens litt under 22 % finnes i dem midlere atmosfære. Over 100 km finner vi bare en forsvinnende liten del ($< 10^{-2}$ %) av den totale luftmasse. Likevel er termosfæren svært viktig fordi den omfatter plasmaet i ionosfæren der elektrodynamiske krefter dominerer og der den vesentlige vekselvirkningen mellom magnetosfære og solvind skjer. En stor del av den ultrafiolette stråling fra solen med bølgelengde mellom 100 og 300 nm absorberes i den midlere atmosfære, og området inneholder en rekke fotokjemisk aktive sporstoffer som har betydning for strålings- og energibalansen. Ozon, O_3, er en viktig bestanddel som har et maksimum i konsentrasjon ved ca. 20 km høyde. Ellers viser figuren også høydefordelingen av andre gasser som karbondioksid CO_2, vanndamp H_2O og nitrogenoksid NO, samt konsentrasjonen av frie elektroner n_e i ionosfæren.

Dynamiske prosesser som vind, bølger og turbulens, er også til stede i den midlere atmosfære. Atmosfærebølger generert i troposfæren forplanter seg oppover og bryter i mesosfæren, der de overfører impuls og energi som har stor innflytelse på den globale sirkulasjon i disse høyder. Til sist vil jeg nevne at aerosoler (støv, is etc.) nå er av stor interesse. Vulkanutbrudd er en naturlig kilde. Synlig bevis for andre aerosoler har vi i perlemorskyer, som opptrer i stratosfæren, og i lysende nattskyer, som finnes mellom 80 og 90 km, og som kan observeres om sensommeren på våre bredder. De lysende nattskyene opptrer i et område der meteorer brenner opp og legger igjen materie som kan være partikler og gasser. Her forekommer lag med f.eks. jern-, magnesium-, og ikke minst natriumatomer. Kondensasjon av vanndamp på partikler kan være årsak til skyene, men vi vet ennå ikke nok om hvordan skyene dannes, og hvilken betydning de har for strålingsbalansen i atmosfæren.

ALOMAR

Figur 2 viser en skisse av observatoriet. ALOMAR er kommet i stand etter et initiativ fra tyske og norske forskere, men forskere fra en rekke land som Storbritannia, Frankrike, USA, Canada og Japan er nå med i den videre fremdrift av prosjektet. Observatoriebygningen er reist av og tilhører Andøya Rakettskytefelt, som er en operativ enhet av Norsk

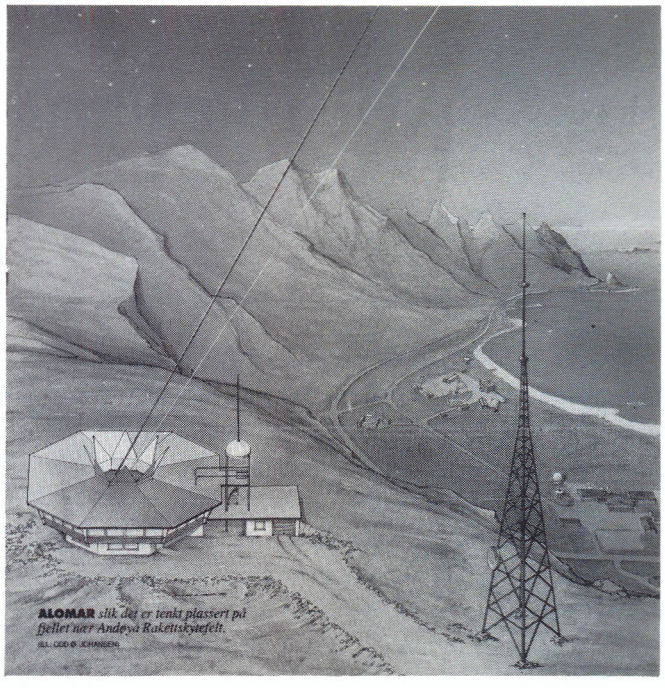


Fig.2. En skisse av observatoriebygningen for ALOMAR.

Romsenter. Bygningen er finansiert ved støtte fra Statens Nærings- og Distriktutviklingsfond (SND) og Norsk Romsenter, mens instrumentene er finansiert av forskningsgrupper i de respektive deltakerland. Det totale investeringsbudsjett er på ca. 35 millioner norske kroner, hvorav utgiftene til bygningen utgjør ca. 15 millioner. Instrumentene er delvis finansiert gjennom EUs forskningsfond. Man forventer et årlig driftsbudsjett på ca. 3 millioner kroner. Det første initiativ til ALOMAR ble tatt høsten 1991, og bygningen sto ferdig våren 1994. Installasjonen av de første instrumentene begynte umiddelbart, og de første vitenskapelige resultater ble oppnådd i juli.

Eksperimentelle metoder

ALOMAR vil gradvis bygges ut som et observatorium som benytter en rekke forskjellige instrumenter til atmosfærestudier. Hva er det så ALOMAR konkret skal måle og hvordan? La oss først se på den viktigste del av observatoriet. Nøkkelordet her er *lidar* som igjen egentlig er et akronym (*li*ght *d*etection *a*nd *r*anging) konstruert analogt med order *radar* (*r*adio *d*etection *a*nd *r*anging). En lidar sender ut lyssignaler som spres tilbake fra atomer, molekyler og partikler i atmosfæren. Antall fotoner som spres tilbake til mottakeren er proporsjonalt med *spredningstverrsnittet* σ *og konsentrasjonen* av de partikler som sprer lyset. Figur 3 gir et skjematisk bilde av metoden. Ved å

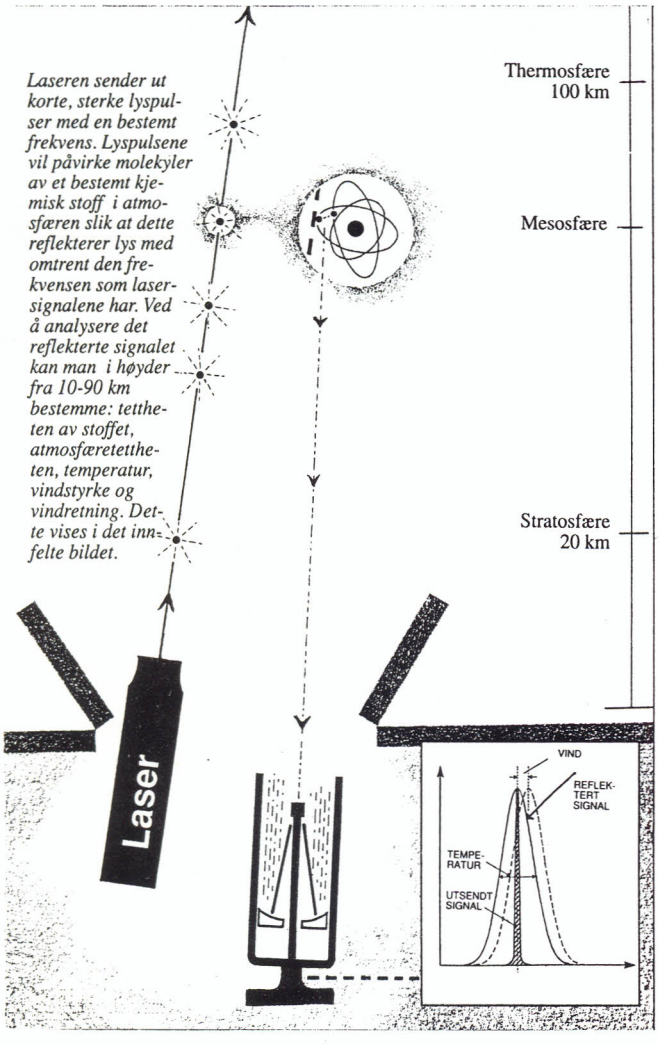


Fig.3. Prinsippet for lidarmålinger i atmosfæren.

måle *styrken* til det tilbakespredte signal samt *tiden* det tar fra signalet sendes ut til det kommer tilbake, kan man for eksempel måle luft-tetthet som funksjon av høyden over bakken. Dersom en også kan klare å måle *dopplerforbredningen* og *dopplerforskyvningen* av det mottatte signal, vil man få informasjon om hhv. temperaturen (til de spredende gasser) og hastigheten av partiklene langs lyssignalets bane.

Lufttetthet og partikkeltetthet er meget lav i den midlere atmosfære. I 80 km høyde er for eksempel tettheten bare 1/100 000 av tettheten ved bakken. De tilbakespredte signaler er derfor meget svake, og eksperimentene kan bare utføres med kraftige lasere som lyskilder og med store speilteleskoper på mottakersiden. Selve spredningsmekanismen avhenger av bølgelengden (fargen) på laserlyset og av om det er partikler eller molekyler/atomer som sprer lyset. De viktigste spredningsmekanismer for atmosfærestudier vil være Mie-spredning (fra partikler som er omtrent av samme størrelse som lysets bølgelengde), Rayleigh-spredning (fra partikler som er mye mindre enn bølgelengden, dvs. at synlig lys gir slik spredning fra alle luftmolekyler) og resonant spredning (fra utvalgte gasser). Den første mekanismen gir lidaren muligheter til å måle høydefordelingen av aerosoler, den neste vil gi informasjon om den totale lufttetthet, samt temperatur og vind. Ved å velge bølgelengde som stemmer overens med resonanslinjer i atomene i bestemte gasser (f.eks. natrium), kan man spesifikt måle høydefordelingen av den utvalgte gass. Ved slik resonant spredning er spredningstverrsnittet meget stort, og dette gjør det mulig å observere sporstoff med svært små konsentrasjoner, for eksempel natrium eller jern. I tillegg til de nevnte hovedmekanismer for spredning, vil man ha svak Raman-spredning fra molekylene som sidebånd til den utsendte bølgelengde.

Lidarmålinger av atmosfærens tilstand har allerede vært utført med stort utbytte, blant annet har Universitetet i Bonn utført målinger fra Andøya Rakettskytefelt over en rekke år. Lidarteknikken blir stadig forbedret, og det nye observatorium vil ta i bruk de siste tekniske fremskritt, som blant annet gjør det mulig å måle dopplerforskyvning og dopplerforbredning av de mottatte signaler med stor nøyaktighet. Det nye og enestående ved ALOMAR er imidlertid en planlagt *kombinasjon av* fem lidarinstrumenter som *samtidig* kan måle en rekke atmosfæriske parametre og til sammen dekke hele høydeområdet fra 10 til 100 km. Disse parametre er total lufttetthet, temperatur, vind og tetthet av ozon og natrium, samt av støv og aerosoler. Vindmålingene gjøres ved at man sender laserstrålene ut på skrå i forskjellige retninger, som illustret i Figur 4, og dermed konstruerer et tredimensjonalt bilde av vindforholdene.

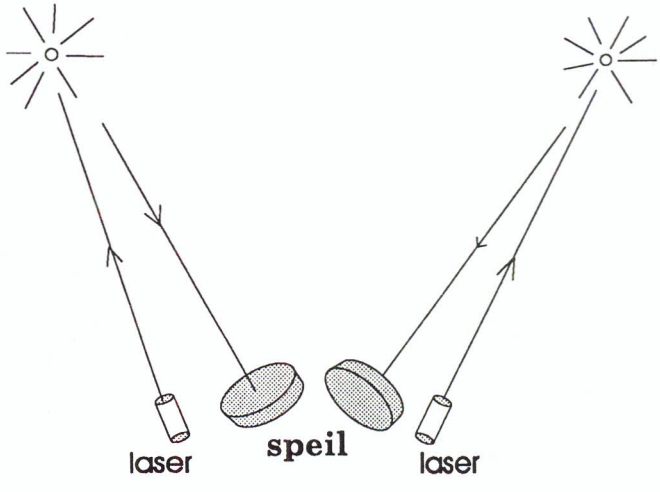


Fig.4. ALOMAR vil bruke to sett lasere med styrbare speil for vindmålinger i den midlere atmosfære.

Lidarmålingene vil kombineres med observasjoner fra flere radaranlegg som er integrert i ALOMAR-prosjektet og som dekker mellomfrekvens, høyfrekvens og VHF-båndene. Radarene observerer amplitude og dopplerforskyvning av radiopulser spredt fra irregulariteter (turbulens, lagdeling) og gir opplysninger om struktur og vindforhold i den midlere atmosfære. De vil gi data selv når en lidar må gi opp på grunn av dårlig vær. Statistikken viser imidlertid at selv på Andenes kan man få i det minste et glimt av himmelen (lenge nok til å oppnå en god måleserie med en lidar) ca. 200 dager i året. Lidarmålingene skal også suppleres med en rekke passive optiske eksperimenter med fotometre og spektrometre i forskjellige bølgelengdeområder. Fullt utbygd skal observatoriet utføre kontinuerlige målinger, dag og natt året rundt. Målinger vil kunne gjøres på rutinebasis og *ad hoc* ved forskere som besøker observatoriet i perioder.

Instrumentering

La oss se nærmere instrumenteringen av ALOMAR:

- *Rayleigh/Mie/Raman-lidarsystemet*
  Dette består av to lasere, to store teleskoper med 1,5 m diameter og tilhørende detektorsystemer. Laserne opererer på 532 nm bølgelengde med en pulseffekt på 650 mJ. Kombinasjonen av høy utgangseffekt, store teleskop og meget følsomme detektorer, gjør det mulig å observere tetthet, temperatur, vind og aerosoler i høydeområdet 10–80 km. Teleskopene kan styres inntil 30° fra vertikalen. Instrumentene bygges og finansieres av universitetene i Rostock og Bonn, samt University College London og Service d'Aeronomie du CNRS. Deler av systemet er allerede installert.

- *Natrium-lidarsystemet*
  Dette systemet benytter resonant spredning fra natriumlaget som finnes mellom ca. 80 og 110 km. Det vil bruke de samme teleskoper som Rayleigh-lidarene. Systemet er under planlegning ved University of Colorado, men er ennå ikke finansiert. Utbygd vil det gi temperatur, vind og tetthet av natrium i høydeområdet over 80 km der Rayleigh-systemet ikke har tilstrekkelig følsomhet.

- *Ozon-lidaren*
  Denne lidaren representerer det viktigste norske bidraget til instrumenteringen av ALOMAR. Den er en *Differential Absorption Lidar* (DIAL) som opererer i det ultrafiolette område på to linjer, 308 og 353 nm, med en pulseffekt på 150 mJ. Prinsippet er at den ene linjen, 353 nm, spres fra luftmolekylene uten å absorberes vesentlig i ozonlaget, mens lyset på 308 nm både absorberes og spres. Ved å sammenligne de mottatte signaler på de to linjer, kan man utlede ozonkonsentrasjon som funksjon av høyden. Med et teleskop med 1 m diameter, kan man vente å få ozonprofiler fra ca. 8 til 40 km, dvs. gjennom det meste av stratosfæren. Ozon-lidaren ble planlagt i et samarbeid mellom Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), Norsk institutt for luftforskning (NILU), Universitetet i Tromsø og Norsk Romsenter. Den blir utviklet og bygget av Optech i Canada i samarbeid med FFI, og utprøving ved ALOMAR vil starte i år.

- *ALOMAR–SOUSY-radaren*
  Dette er en radar som opererer på 53 MHz med et avansert antennesystem som gjør det mulig å observere i åtte forskjellige retninger. Radaren vil gi informasjon om vind, turbulens og reflekterende lag i den midlere atmosfære. Den er utviklet i et samarbeid mellom Universitetet i Rostock og Max-Planck Institutt for Aeronomi i Lindau, og er nå i drift nær Andøya Rakettskytefelt.

- *MF-radaren*
  Denne radaren vil operere på 1,98 MHz og observere vind i mesosfæren og den lavere ionosfære. Den vil settes opp ved Andenes i et samarbeid mellom universitetene i Rostock og Colorado og Andøya Rakettskytefelt.

I tillegg til disse hovedinstrumentene ønsker en rekke grupper fra USA, UK, Japan, Belgia og Frankrike å bringe sine optiske bakkeinstrumenter til ALOMAR for å delta i felles forskningsprosjekt.

Organisasjon

Norsk Romsenter, ved Andøya Rakettskytefelt, er ansvarlig for driften av ALOMAR. ALOMAR ledes av et styre utnevnt av Norsk Romsenter, og styret støtter seg til *ALOMAR Science Advisory Committee (ASAC)* der de internasjonale hovedinvestorer og brukere er representerte. ASAC vil være ansvarlig for det vitenskapelige program ved ALOMAR. Det er også opprettet en norsk *Nasjonalkomite for ALOMAR* der norske forskningsmiljøer og brukere kan samordne interesser og innsats. Ved Andøya Rakettskytefelt

vil det bli opprettet et *User Science Operation Centre (USOC)* kombinert med *Andøya Geophysical Data System (AGDA)*. Disse systemer vil også omfatte en database der ALOMAR-observasjonene vil bli organisert, lagret og distribuert til brukerne.

Det er nå viktig at det bygges opp et aktivt norsk forskningsmiljø rundt ALOMAR. FFI, NILU og universitetene i Tromsø og Oslo er allerede engasjerte i planlegging av fremtidige programmer. ALOMAR vil gi utmerkede muligheter for utdanning av studenter, både innen vitenskap og teknologi.

Investeringer i nytt vitenskapelig utstyr vil skje ved de forskningsgrupper som deltar i ALOMAR, mens driften skal finansieres av brukerne ved direkte støtte fra investorene og ved salg av data og tjenester.

Forskning og overvåking

Aktiviteten ved ALOMAR vil konsentrere seg om studier av fysikk, kjemi og meteorologi i den midlere atmosfære. Disse studiene vil ha som hovedmål å kartlegge prosesser i den arktiske atmosfære, og å måle tendenser til forandringer i atmosfæriske parametre. I et område der det finnes få observasjoner trenger vi nøyaktige og pålitelige målinger over lang tid for å bevise, motbevise eller korrigere beregnede resultater fra moderne atmosfæremodeller. Problemene blir angrepet ved *samtidige* målinger av *mange* parametre. ALOMARs aktive fjernmålinger ved hjelp av lidar og radar, vil også med fordel kunne kombineres med målinger fra andre installasjoner, f.eks. EISCAT, og med *in situ*-målinger med instrumenterte raketter og ballonger.

Som et eksempel på en konkret problemstilling, kan vi nevne studier av sammenhengen mellom ozonfordelingen i stratosfæren og dynamiske prosesser. Vi vet at det skjer intense og hurtige episoder med utskiftinger av luft mellom stratosfæren og troposfæren. ALOMAR gir muligheter for samtidige målinger av ozonprofiler og et tre-dimensjonalt vindfelt i stratosfæren, og kan dermed bidra til å kartlegge ozonlagets forandringer under slike episoder.

ALOMAR vil ha betydning for overvåking av miljøparametre som ozonfordeling, temperatur og aerosolkonsentrasjon i stratosfæren. Observatoriet vil også bidra til kalibrering og validering av satellittobservasjoner ved å gi pålitelige og detaljerte observasjoner fra bakken under satellittpassasjer.

Konklusjon

ALOMAR er et internasjonalt prosjekt der mange sterke utenlandske forskningsgrupper deltar eller har vist sin interesse. Det er svært viktig at Norge har en god vitenskapelig egeninnsats i ALOMAR. En aktiv deltakelse fra vår side vil gi oss tilgang til et rikt forskningsmateriale fra et unikt sett med instrumenter. Det er all grunn til å tro at ALOMAR vil bli en viktig del av et internasjonalt senter for utforskning og overvåking av den øvre atmosfære i årene fremover, og at observatoriet vil stimulere både vitenskapelig aktivitet i Nord-Norge og aktiviteten i lokalsamfunnet. En slik virksomhet i Nord-Norge bør også ses i sammenheng med utbyggingen av forskningsaktivitet på Svalbard. Dersom vi utnytter de rike muligheter som disse faktorer gir oss, kan vi styrke vår internasjonale posisjon innen polarforskning.

∞

Skriv
i
FFV

Husk
kontingenten

Ozonlag og UV-stråling

Thormod Henriksen *

Interessen for ozonlaget startet for alvor for 10 til 15 år siden. Før den tid var det bare enkelte fysikere som var opptatt av å måle ozonmengden i atmosfæren. De studerte hvordan ozonmengden varierte med dag, årstid og geografisk sted. I dag er stratosfærisk ozon et meget aktuelt fagfelt på grensen mellom fysikk, atmosfærekjemi og meteorologi. Ozon har et absorpsjonsspektrum med et klart maksimum i området 250 til 300 nanometer og er den viktigste årsaken til at solspektret ved bakken slutter så brått omkring 300 nm. Siden ozon så effektivt absorberer UV-stråling, er ozonlaget trukket inn i miljødebatten og enkelte har forsøkt å vurdere konsekvensene av et tynnere ozonlag med hensyn til helse, medisin og fotobiologi.

Ozon dannes og brytes ned kontinuerlig og har en middlere levetid i atmosfæren på bare noen få uker. Det er fordelt i høyden fra bakken og opp til omkring 50 km med et maksimum omkring 20 til 25 km. En slik plassering og fordeling representerer en betydelig utfordring når det gjelder å bestemme mengden. Vi baserer målingene på absorpsjon av UV-stråling fra sola (kan også bruke månelys). Vi bruker et bølgelengdepar (f.eks. det som kalles A-paret med 305,5 og 325,4 nm, eller C-paret med 311,45 og 332,4 nm) der absorpsjonen er betydelig forskjellig for de to bølgelengder som inngår. Grunnen til dette er at det er lettere å måle forholdet mellom intensitetene enn den absolutte verdi. Vi må legge til at det også er mulig å bruke andre deler av absorpsjonsspektret til ozonmålinger, f.eks. innenfor det synlige og det infrarøde området.

Når sola står lavt blir strålegangen gjennom atmosfæren lang og de korteste bølgelengdene absorberes betydelig. Det kommer lite eller ingen stråling med bølgelengde 305,5 nm ned til bakken om vinteren (A-paret). Det innebærer at målingene blir mer usikre, og at det er vanskelig å gjøre gode målinger om vinteren på høye breddegrader (selv i Oslo på 60° N).

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Ozondannelse

Ozon dannes høyt oppe i atmosfæren med et maksimum i ca. 40 km, når UV-stråling fra sola treffer oksygen. Siden sola er mest intens i tropiske områder, er det i første rekke der ozondannelsen finner sted. Det første ledd i reaksjonskjeden er:

$$O_2 + h\nu \Rightarrow O + O$$

der $h\nu$ er solstrålingens foton-energi. Som en ser, starter det med at oksygenmolekylet spaltes. Dette krever en energi på 5,11 elektronvolt, dvs.stråling med bølgelengde mindre enn 242,4 nanometer.

Atomært oksygen er meget reaktivt og bindes til molekylært oksygen med dannelse av ozon:

$$O + O_2 \Rightarrow O_3$$

Det dannes store mengder ozon hele tiden, ca. $5 \cdot 10^{31}$ molekyler pr. sekund. Det betyr at den totale mengde ozon en har i atmosfæren kan dannes i løpet av ca. 2 uker. Når det gjelder variasjon i dannelsen vet vi lite, men vi kan gjøre noen spekulasjoner. Den komponenten i reaksjonsligningen som bestemmer hastigheten er atomært oksygen (konsentrasjonen av O er liten sammenlignet med O_2). Det betyr at ozondannelsen er knyttet til solintensiteten. Vi vet at solintensiteten (UV-delen) avhenger av solflekkaktiviteten, og det er mulig at ozonlaget varierer noe i takt med solsyklusen. Dette er et interessant emne som det er vanskelig å få noen skikkelig informasjon om. Det krever målinger gjennom flere solsyklusperioder som er ca. 11 år.

Ozonet som dannes i 40 km høyde er ustabilt og brytes raskt ned av solstrålingen. Levetiden vil øke hvis det nydannede ozonet transporteres bort, dvs. nedover i atmosfæren hvor det er bedre beskyttet (tettere atmosfære og svakere solstråling). Vindsystemene fører ozonet nedover og fordeler det rundt jordkloden. Det betyr at vindsystemene i atmosfæren, både horisontale og vertikale strømmer, er viktige for geografisk fordeling og tykkelse av ozonlaget.

Totalmengden av ozon over oss får vi en forståelse av når vi sier at den utgjør et lag på fra ca. 2,5 til 5 mm sammenlignet med hele atomsfæren som tilsvarer et lag på ca. 8 km med standard trykk og temperatur. Ozonmengden måles i dobsonenheter (1 DU er 10^{-2} 'mm ozon med standard trykk og temperatur). Tykkelsen på ozonlaget varierer med geografisk sted (særlig breddegrad) og årstid. For Syd-Norge er middelverdien ca. 340 DU, og den varierer fra omkring 280 DU i november til ca. 390 DU i mars–april (se Figur 1). Ozonlaget ved ekvator er tynnere enn hos oss (ca. 280 DU), og det varierer lite med årstiden.

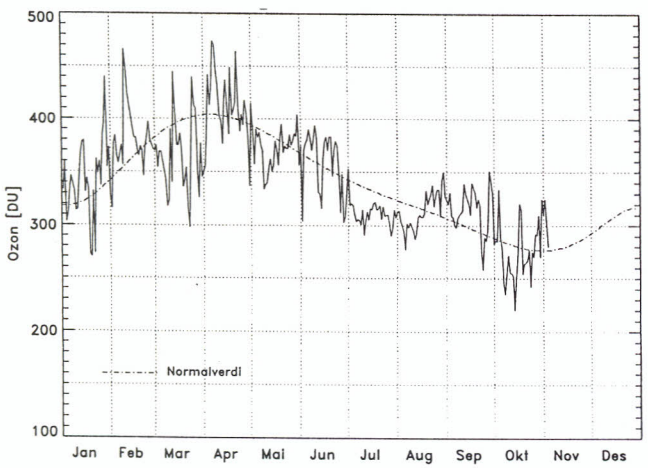


Fig.1. Daglige ozonverdier for Oslo i 1994. Den stiplede kurven (kalt normalverdi) er middelverdien for årene 1978 til 1990. Mengden av ozon er gitt i DU.

Ozonnedbryting

Nedbryting av ozon kan skje både ved fysiske og kjemiske prosesser. Den generelle nedbrytingsmekanisme kan skrives på følgende måte:

$$O_3 + R \Rightarrow RO + O_2$$

$$RO + O \Rightarrow O_2 + R$$

Nettoresultatet blir:

$$O_3 + O \Rightarrow O_2 + O_2$$

Som en ser, blir odde oksygen (O_3 og O) overført til molekylært oksygen. Det som starter og driver prosessen, er det vi har kalt R. Det kan være sollys (fysisk nedbryting), men antyder i første rekke reaktive radikaler som nitrogenoksider (NO, NO_2), vannradikaler (H, OH, HO_2) eller halogenatomer (Cl, Br).

Nedbryting via klor

Tidlig på 1970-tallet foreslo Rowland og Molina i USA[1)], at KFK-gassene kunne gi økt nedbryting av ozon. Disse gassene, som inneholder fluor (F) og klor (Cl), er meget stabile og vi tror at de kan nå stratosfæren. Den kjemiske formel for et par av de viktigste er: $CFCl_3$ (også kalt F_{11}), CF_2Cl_2 (F_{12}) og $C_2F_3Cl_3$ (F_{113}). De er avledet av metan og etan, og brukes i kjøleindustrien, til skumplastproduksjon, til rensing og som drivgass i spraybokser. De er ikke giftige og kan derfor brukes med fordel som drivgass for astmamedisin. Utslippene startet omkring 1940 og økte raskt frem mot 1980-årene. Nå har vi inngått avtaler for å fase ut disse gassene (Montreal-avtalen).

Som et resultat av KFK-utslippene har mengden av klor i stratosfæren trolig økt de senere år. Et av de svake punkt i klorhypotesen er at vi ikke kjenner høydefordeling og utvikling av klor i stratosfæren. Det vi har kunnskap om er klor i troposfæren. Vi forventer økt ozonnedbryting via klorradikaler hvis og når konsentrasjonen av klor i stratosfæren øker. Det er 2 måter en kan frigjøre klorradikalet på.

1. **Direkte av sola** og videre nedbryting via vanlig gasskjemi.
2. **Indirekte** via såkalt heterogen klorkjemi. Med dette menes at molekylært klor dannes på eller i areosoler i stratosfæren for så å bli spaltet til klorradikaler ved sollys. Areosolene er enten stratosfæriske skyer av ispartikler PSC (som står for *Polar Stratospheric Clouds*) eller areosoler av svovelsyredråper.

Den heterogene mekanisme kan skrives på følgende måte:

$$HCl(s) + ClONO_2(g) \Rightarrow Cl_2(g) + HNO_3(s)$$

$$H_2O(s) + ClONO_2(g) \Rightarrow HOCl(g) + HNO_3(s)$$

(g) betyr at forbindelsen er i gassform og (s) at den er i fast form (solid). $ClONO_2$ og HCl er reservoarer for klor. Så lenge klor er bundet i et reservoar er det inaktivt.

Den heterogene nedbrytingsmekanisme er virksom i polarområdene når temperaturen i stratosfæren er under ca. 80 kuldegrader og solen skinner. De lave temperaturene må til for å danne areosoler av ispartikler i den tørre luften (PSC-ene består av ispartikler som trolig inneholder HCl og/eller salpetersyre; f.eks. $HNO_3 \cdot 3H_2O$).

Vi nevnte at areosolene også kunne bestå av svovelsyredråper. Hvis denne hypotesen er riktig, vil det innebære at enkelte kraftige vulkanutbrudd kan gi økt ozonnedbryting. Vulkanen Mt. Pinatubo sendte i juni 1991 ut store mengder SO_2. Gassen nådde høyder på 20 til 30 km, og ble i løpet av en måned omformet til areosoler av svovelsyre og vann. I september 1982 hadde den meksikanske vulkanen El Chichon et lignende utbrudd.

Det siste trinn i dannelsen av reaktive kloratomer (fra Cl_2) skjer ved hjelp av sollys som splitter klormolekylet til to reaktive radikaler.

Ozonmålinger og trend

Ozonmålingene startet i slutten av 1920–årene, og det var engelskmannen Gordon M.B. Dobson som for alvor dro det hele i gang. Han besøkte Tromsø i 1934, og slik gikk det til at Norge kom tidlig med når det gjelder ozonmåling. Det ble målt ganske regelmessig i Tromsø fra 1935 til 1969. Så har vi desverre et gap i målingene frem til 1984, da målingene igjen startet opp. Idag er det Kjell Henriksen og Trond Svenøe som er ansvarlig for målingene i Tromsø.

Kaare Langlo var en drivkraft i de tidlige norske ozonmålingene, og han fikk i stand observasjoner på Dombås i perioden 1940 til 1946 (målingene ble gjennomført av Sigurd og Per Einbu) og på Blindern fra 1947 til 1951.

Den virkelige ozonpionér i Norge er imidlertid Søren H.H. Larsen som først målte ozon på Svalbard i 1950 til 1951, deretter i Tromsø i flere år, og siden 1967 på Blindern. Han gjennomførte målinger både med bakkeinstrumenter, og i 1969–1970 med ballonger og ozonsonder som kan gi høydefordelingen av ozon. I arbeidet med ballongene deltok også Finn Tønnessen, og det er han som i dag er ansvarlig for ozonmålingene i Oslo.

I dag er det en liten, men aktiv gruppe ved Fysisk institutt i Oslo som måler ozon og UV-stråling. Den består foruten av Tønnessen og Larsen (pensjonistmedarbeider), av Tove Svendby, Lars Opedal og Åsmund Rabbe (pensjonistmedarbeider). I det følgende vil det bli vist en del av de resultater som denne gruppen har oppnådd.

I Figur 1 er vist de daglige ozonverdiene for 1994. Den stiplede kurven viser middelverdien av målingene i perioden 1978 til 1990 (kalt normalverdi). Det er store svingninger i ozonmengden fra en dag til den neste, noe som viser den betydning de meteorologiske forholdene har. Som en ser, har ozonlaget i 1994 vært

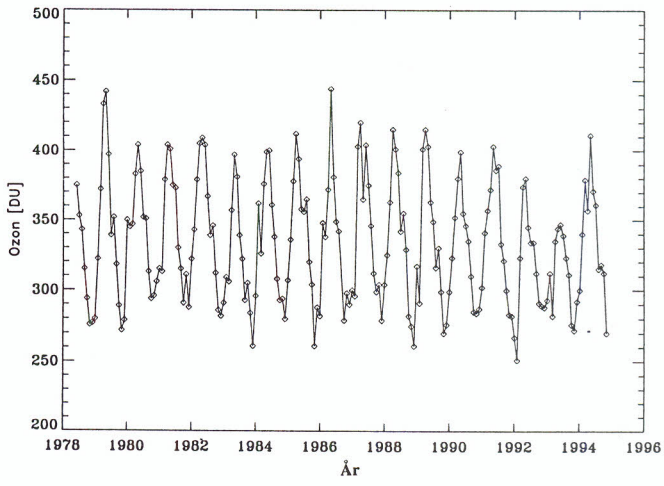


Fig.2. Ozon månedsmiddel for Oslo for perioden 1978 til 1994. Hvis en legger inn en rett linje for å tilpasse målepunktene viser den en nedgang på 2,6 % pr. tiår.

omtrent som normalt. I 1992 og 1993 derimot, var ozonlaget tynnere.

I Figur 2 er vist månedsmiddelverdier (middelverdien av de daglige målingene i en måned) for perioden mai 1978 til og med oktober 1994 (16 år).

For å få informasjon om utviklingen av ozonlaget, og om perioder med verdier langt fra det normale, kan en gi måledata i form av *"glidende årsmiddel"*. Det er middelverdien av 12 månedsverdier der en lar det "gli frem" én måned av gangen (vist i Figur 3).

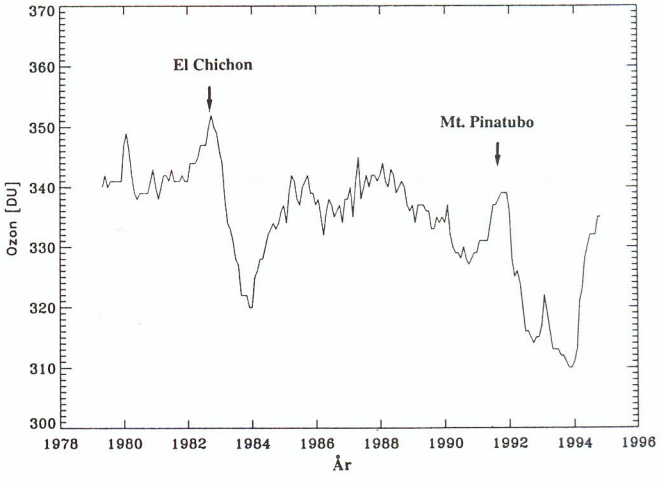


Fig.3. Glidende årsmiddel for målingene i Oslo i perioden 1978 til november 1994. Tidspunktet for to store vulkanutbrudd er antydet. Glidende årsmiddel er middelverdien for 12 måneder som forskyves (glir frem) én måned av gangen.

De siste 15 år har det vært 2 kraftige vulkanutbrudd (El Chichon i Mexico i september 1982 og Mt. Pinatubo på Filippinene i juni 1991) med utslipp som har dannet areosoler i stratosfæren. Dette har gitt

en ozonnedgang som har vart ett til to år (så lenge det er areosoler i stratosfæren).

Det har vært vanlig å dele året inn i perioder og studere utviklingen innenfor de ulike periodene. I Figur 4 er det vist hvordan ozonlagets sommernivå har utviklet seg. Sommerverdiene angir den midlere ozonverdi i månedene mai, juni, juli og august.

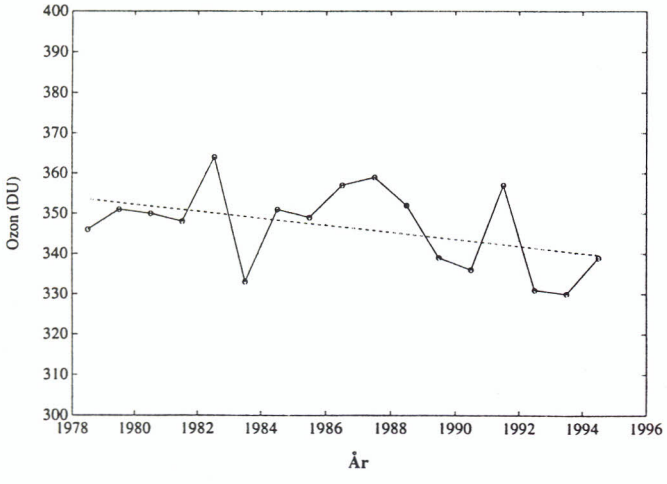


Fig.4. Ozon sommermiddel for Oslo for perioden 1978 til 1994. En tilpasset lineær regresjonskurve (stiplet linje) antyder en trend på –2,4 % pr. tiår.

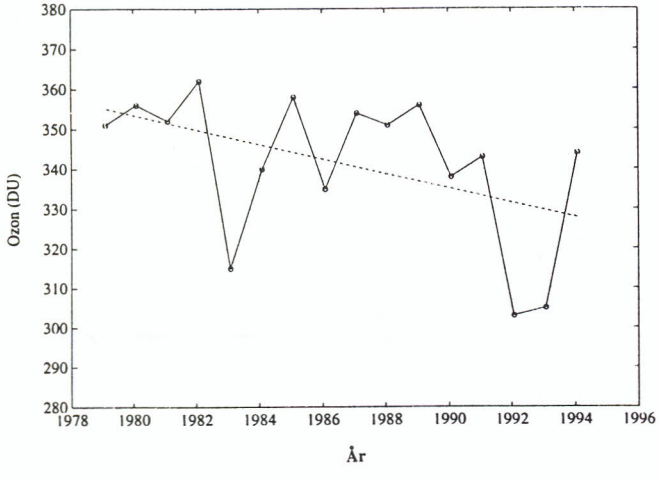


Fig.5. Ozon vinterverdi for Oslo for perioden 1978 til 1994. Stiplet linje antyder en trend for perioden på –5.2 % pr. tiår.

Figur 5 viser ozonlagsutviklingen for vinterperioden: desember, januar, februar og mars.

Langtidsutvikling av ozonlaget

Ozonmålingene i Oslo viser at ozonlaget har avtatt de siste 16 årene, men at nedgangen er liten. Den er nå 2,6 % pr. tiår. For et år siden var den 3,3 % pr. tiår, men den endres noe etter som nye måleresultater kommer til. Grunnen til det er at en periode på 10 til 15 år er kort når det er snakk om langtidsvariasjon. Sommerverdiene, som er de mest interessante med hensyn til UV-nivået, viser en nedgang på 2,4 % pr. tiår for perioden 1978 til 1994.

Det er sikkert mange som lurer på hvordan de norske målingene er sammenlignet med målinger som er gjort andre steder i verden, og hvordan dagens målinger er sammenlignet med målinger gjort for 50 år siden (blant annet Dombåsmålingene i 1940-årene).

Den amerikanske ozonpionéren Walter Komhyr, har arbeidet med de amerikanske målestasjoner og har gitt resultater for omkring 25 bakkestasjoner plassert på en rekke steder rundt om i verden. En del av disse stasjonene (de 6 som er presentert i Tabell 1) kan vise til målinger tilbake til 1963.

I Tabell 1 er en del av W. Komhyrs data gitt.

Tabell 1: *Trenddata for noen amerikanske målestasjoner i 2 tidsepoker.*

Stasjon	*Bredde*	*Trend pr. tiår*	
		1963–1992	*1979–1992*
Bismarck	47° N	–1,97 %	–3,63 %
Caribou	47° N	–1,98 %	–4,01 %
Boulder	40° N	–1,46 %	–3,27 %
Nashville	36° N	–1,12 %	–3,52 %
Wallops Island	38° N	–1,76 %	–4,59 %
Mauna Loa	20° N	–0,96 %	+0,27 %

Her ser vi flere interessante trekk som vi kan sammenfatte på følgende måte:

- For perioden 1963 til 1992 er det en meget beskjeden ozonnedgang. En lineær regresjonskurve viser en nedgang på 1 til 2 % pr. tiår. En nærmere analyse av data gjør det imidlertid tvilsomt om en kan bruke en lineær tilpassing til målingene. For enkelte stasjoner var det en svak oppgang fram til 1970-årene, mens det i perioden 1979 til 1992 var en betydelig nedgang (en lineær negativ trend på 3 til 4 % pr. tiår).

- Det kommer tydelig fram at den negative trenden har økt de senere år. Det er særlig de meget lave ozonverdiene for 1992 og 1993 som gjør seg gjeldende. For Oslo (Figur 2) var trenden for perioden 1978 til 1993, –3,3 % pr. tiår. Tar vi derimot med 1994, reduseres den til –2,6 % pr. tiår.

Målingene på Dombås i perioden 1940 til 1946 er særlig spennende med hensyn på langtidsutviklingen av ozonlaget. De ble gjennomført i en periode da KFK-utslippene ennå ikke hadde nådd slike verdier at de kunne influere på ozonlaget. Vi har satt mye inn på å re-analysere disse dataene slik at de kan sammenlignes direkte med dagens målinger. Det vil føre for langt å gjennomgå det arbeid som er gjort av Søren H.H. Larsen og Tove Svendby, men de første resultater er vist i Figur 6.

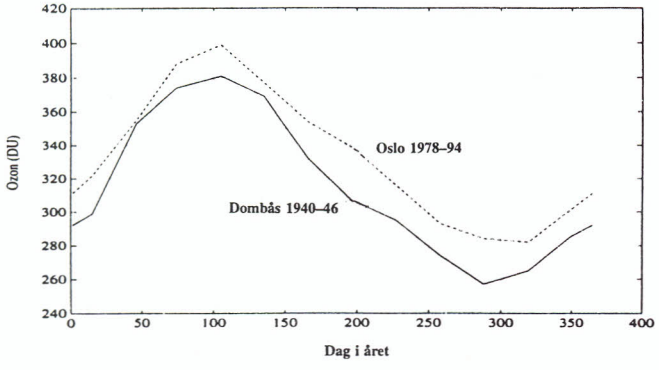


Fig.6. Ozonlagets årstidsvariasjon i Syd-Norge. Den stiplede kurven viser middelverdien av målingene i perioden 1978 til 1994. Den heltrukne kurven viser middelverdien av målingene for perioden 1940 til 1946.

Vi ser at ozonlaget over Syd-Norge var *tynnere* i perioden 1940 til 1946 enn det er idag. T. Svendby og S. H.H. Larsen arbeider fortsatt med disse dataene og med de målinger som ble gjort på Blindern fra 1947 til 1951. Det er litt av et detektivarbeid, og vi håper det skal gi mer informasjon om ozonlaget fra perioden før KFK-gassene gjorde seg gjeldende.

UV-stråling gjennom ozonlaget

Ozonlaget er i seg selv av sekundær betydning for mennesker, dyr og planter. Men en ozonfortynning vil i utgangspunktet gi mer UV-stråling. Er det så observert noen øking i UV-nivået? For å svare på slike spørsmål, kan vi måle UV-strålingen (noe som er krevende og vanskelig), eller vi kan måle ozonmengde og bruke teoretiske modeller for beregning av strålingens gang gjennom atmosfæren. Vi har benyttet en slik strålingstransportmodell (utarbeidet av Knut Stamnes, Fairbanks, Alaska), og beregnet UV-nivået som funksjon av årstid og breddegrad, samt effekten av en ozonfortynning. Denne type beregninger har frem til nå vært basert på såkalt "klar himmel", men vi vet jo at skydekket spiller en betydelig rolle. De siste par årene har vi arbeidet med å finne en brukbar fremgangsmåte for å inkludere skydekket. Dette problemet er til dels løst ved å bruke sollysmålinger gjort på Norges landbrukshøgskole på Ås. De har solobservasjoner gjort hvert tiende minutt gjennom hele året. Det gir grunnlag for å bestemme et "teoretisk skydekke", og det kan i sin tur gi grunnlag for mer realistiske UV-nivå beregninger.

Frem til nå har vi ikke definert hva vi mener med UV-nivå og UV-doser. Det er derfor nødvendig med en kort orientering[2]. UV-stråling kan gi biologiske effekter som vi anser som både positive (dannelse av D-vitamin) og negative (hudkreft). Det er vel kjent at enhver biologisk effekt varierer med bølgelengden av strålingen (du blir ikke særlig brun ved å sole deg bak et vindusglass). Det betyr at vi må kjenne det såkalte *"virkningsspekter"* som angir hvordan en biologisk effekt varierer som funksjon av bølgelengden.

UV-dosehastighet (eller UV-nivået) er definert som produktet av virkningsspektret og solspektret. Matematisk skrives det på følgende måte:

$$\frac{dD}{dt} = \int_{290}^{400} V(\lambda) \cdot I(\lambda) d\lambda$$

Integrert over en dag gir det et midlere UV-nivå for den dagen. Strålefluksen fra sola målt ved bakken $I(\lambda)$ avhenger av solhøyde, ozonlag og skydekke, og den varierer i takt med årstid, klokkeslett og breddegrad. Virkningsspektret $V(\lambda)$ avhenger bare av bølgelengden. Vi har benyttet et "midlere" virkningsspektrum, som for noen år tilbake ble foreslått av den internasjonale komité CIE (Commission Internationale de l'Éclaire). Det inkluderer hele UV-området som trenger ned til bakken, dvs. fra 290 nm til den synlige delen av solspektret (400 nm), og er svært likt virkningsspektret for solbrenthet.

Nyere forskning har gitt andre virkningsspektre som er svært forskjellige fra CIE-spektret. For eksempel viste amerikaneren R.B. Setlow[3] i eksperimenter med fisk, at det var betydelig melanomdannelse (føflekksvulst) for bølgelengder over 320 nm (hele UVA-området). Hvis dette også gjelder mennesker (d.v.s. at mekanismene for melanomdannelse er de samme hos mennesker og fisk), betyr ozonmengden svært lite for dannelsen av ondartet føflekksvulst (ozon absorberer ubetydelig i UVA-området). Det har også til følge at en bør bruke solkremer som absorberer UVA-stråling neste gang en drar ut i sola, og en bør heller ikke bruke UVA-kildene i solarier.

Basert på solmålingene på Ås, har det lykkes å få et kvantitativt mål for skydekket og dets betydning for UV-strålingen. De beregnede resultater for 1991 er gitt

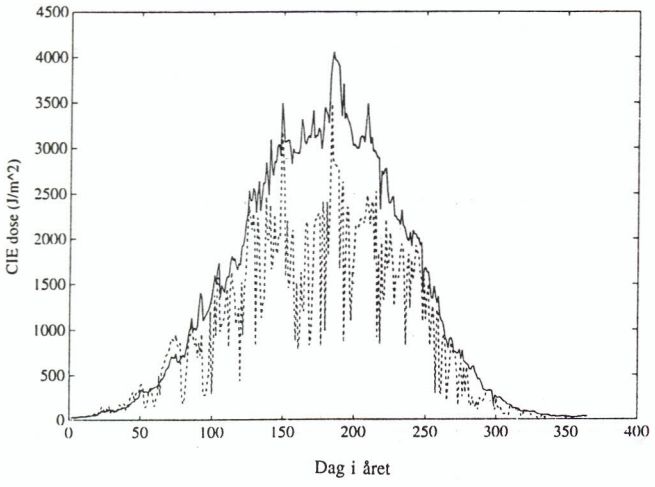


Fig.7. Teoretisk beregnet UV-nivå for Syd-Norge i 1991. Beregningene er gjort på grunnlag av solmålinger på Ås og ozonmålinger på Blindern. Heltrukken kurve forutsetter *klar himmel* og stiplet kurve innkluderer *skydekke*. Figuren er hentet fra Tove Svendbys hovedoppgave.

i Figur 7. Kurven for klar himmel er ikke jevn, men varierer i takt med ozonvariasjon (kan gå opp i 20 % fra en dag til den neste). Det går frem at skydekket kan redusere UV-strålingen med en faktor 3. Ser en på hele året under ett, blir UV-nivået overestimert med bortimot 50 % hvis skydekket neglisjeres. Det betyr at været (dvs. skydekket) i sommersesongen er viktigere for UV-nivået enn ozonmengden – men det visste vel de fleste.

Når det gjelder UV-nivået, kan en slå fast følgende:

1. **UV-nivået** er ca. 5 ganger større om sommeren enn om vinteren på våre breddegrader. Det skyldes den varierende solhøyden.

2. **Skydekket** er helt avgjørende for UV-nivået. Hvis det er klarvær og samtidig lite ozon, vil solintensiteten øke. Dette er ofte tilfelle for Syd-Norge (Figur 1 viser lave ozonverdier i juli 1994, da vi hadde mye fint vær).

   Beregninger basert på CIE-spektret, viser at for moderat ozonreduksjon (inntil ca. 10 %) er økningen i UV direkte proporsjonal med ozonreduksjonen.

Det er et mål å kunne bestemme det reelle UV-nivået i Norge og hvordan det varierer geografisk. En slik oppgave er mulig basert på teoretiske beregninger der ozonmengde og skydekket inngår som viktige parametre. Ozonlaget måler vi, og skydekket mener vi at det skal bli mulig å få informasjon om gjennom det omfattende skoleprosjektet Solis. Dette er et prosjekt knyttet til mer enn 50 videregående skoler over hele landet som måler solenergi. Vi har som målsetting å få med disse skolene i et forsøk på å bestemme UV-nivået geografisk. I neste omgang vil vi relatere UV-nivået i Norge til forekomsten av solaktiverte biologiske prosesser som f.eks. forekomst av hudkreft.

Det har vært antydet at det ikke bare er totaldosen, men i første rekke dosehastigheten (solintensiteten) som er viktig for utviklingen av ondartet føflekksvulst. Huden selv sier tydelig ifra når intensiteten blir for stor: en blir solbrent. Klare sommerdager med lite ozon kan dermed være ekstra kritiske.

Det er en lang rekke spørsmål en kan stille når det gjelder soling og helse. Vi vet noe, men det er mange spørsmål vi ikke vet svaret på. Det er et fagfelt som kan gi rom for adskillig forskning.

Konklusjon

Vi kan trygt slå fast at bildet om en uttynning av ozonlaget er langt mer komplisert enn det mediene ofte gir inntrykk av. De som forventer en uttynning i tråd med våre utslipp av KFK-gasser, vil lete forgjeves i måleresultatene. Det ser ut som ozonmengden økte på 1950- og 1960-tallet og nådde et maksimum i 1970-årene. Siden den tid har ozonmengden avtatt. Vi mener at de lave verdiene i 1992 og 1993 skyldes vulkanen Mt. Pinatubo.

Kan vi så si noe fornuftig om framtida? Det var jo målsettingen for de modeller som var så populære før en oppdaget "ozonhullet i Antarktis". Det vi våger oss til å si er følgende:

1. Utslipp av KFK-gasser har ført til mer klor i atmosfæren. Selv om vi ikke kjenner skikkelig høydefordeling og utvikling, må vi anta at det fører til en økt nedbryting av ozon, både via vanlig gasskjemi og gjennom heterogen nedbryting. Den siste mekanismen har vi liten kontroll over, og det er vanskelig å lage modeller som inkluderer vulkanutbrudd og/eller ekstremt lave temperaturer i stratosfæren.

2. Forholdene skulle ligge tilrette for at det dannes "PSC-er" i Antarktis hvert år. Det betyr at vi må forvente en ozonfortynning der hver vår (dvs. i september og oktober) så lenge klormengden er stor. I nordområdene er polarvirvelen (en luftvirvel i polarområdene med lave temperaturer som hindrer ozonrik luft i å trenge inn i området) langt mer ustabil, men det kan nok bli år med heterogen nedbryting også over våre områder.

3. Vulkaner som sender ut svovel og som er kraftige nok til at de utsendte gassene går gjennom tropopausen (ca. 10–13 km) vil få betydning. Effekten av et utbrudd vil vare så lenge vi har areosoler i stratosfæren. Betydningen av slike vulkanutbrudd vil bli større enn tidligere så lenge klormengden er stor.

4. Ozonlaget har ikke endret seg de siste 50 år i en slik grad at en kan forvente biologiske effekter. Det har med andre ord, neppe vært noen endringer i UV-nivået, og det har derfor vært en blindgate å kople de senere års utvikling i ozonlaget sammen med økingen av hudkreft-tilfellene.

Referanser

1. M.J. Molina and F.S. Rowland: *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: Chlorine atom - catalyzed destruction of ozone.* Nature **249**, 810–812 (1974).

2. Thormod Henriksen og Søren H.H. Larsen: *Ozonlaget og UV-stråling.* Fysisk institutt, UiO, (1991).

3. R.B. Setlow, E. Grist, K. Thomson and A.D. Woodhead: *Wavelengths effective in induction of malignant melanoma.* Proc. Natl. Acad. Sci., USA, **90**, 6666–6670 (1993).

∞

Nobelprisen i fysikk 1994

Nobelprisen i fysikk for 1994 deles mellom Bertram N. Brockhouse, McMaster University, Ontario, Canada, og Clifford G. Shull, MIT, Massachusetts, USA, for deres pionérarbeider innafor eksperimentell nøytrondiffraksjon.

Diffraksjon er egentlig et fenomen på optikkens område. Det er knyttet til samvirke mellom bølger som spres fra hindringer som står i veien for bølgene. Nøytroner er uladde elementærpartikler som fins i atomkjernene, men kan settes fri ved kjernereaksjoner, slik som fisjon av atomkjernene til uran i en reaktor. Ifølge kvantemekanikken vil elementærpartikler som nøytroner, ha både bølge- og partikkelegenskaper. En skulle altså kunne observere optiske fenomener med små partikler. I 1927 viste Davisson og Germer elektrondiffraksjon ved å sende elektroner gjennom et gullfolie. Dette førte senere til utviklingen av elektronmikroskopet.

Nøytronet kommer på banen

Nøytronet ble oppdaget i 1932, og i 1930-åra klarte en etter hvert å utvikle nøytronkilder med tilstrekkelig intensitet til at en kunne vise bølgeegenskapene til denne elementærpartikkelen. På slutten av siste verdenskrig ble det i USA bygd spesielle kjernefysiske reaktorer der formålet bl.a. var å produsere kraftige nøytronstråler for forskingsformål. Nøytronenes bølgeegenskaper kunne egne seg til å undersøke strukturen av kondenserte stoffer, slik som krystaller eller væsker.

Nøytroner tar seg med letthet gjennom tykke krystaller som gjerne består av positivt og negativt ladde atomer i bestemte ordningsmønstre. Røntgenstråler derimot, trenger ikke særlig langt inn i krystaller pga. absorpsjon. Dessuten opptrer nøytronet som en liten elementærmagnet med samme egenskaper som de atomære magnetene som fins i magnetiske stoffer. Når nøytronstråler "skytes" mot et magnetisk stoff, kan nøytron-magnetene tre i vekselvirkning med atommagnetene og gjennom sine bølgeegenskaper avføle det magnetiske ordningsmønstret i tillegg til atommønstret ved spredning fra slike krystaller. En del av spredningsintensiteten skyldes i dette tilfelle de magnetiske egenskapene til stoffet. Forskjellige magnetiske ordningsmønstre vil gi opphav til endringer i spredningsmønstret.

Nobelprisvinnernes innsats

Halve Nobelprisen er gitt til Clifford G. Shull for hans arbeid sammen med E.O. Wollan med å konstruere og bruke det første pulver-diffraktometer for nøytroner ved grafitt-reaktoren i Oak Ridge, USA. Allerede i 1948 brukte de et slikt til å stedfeste hydrogenatomer i et metallhydrid. Dette var et pionérarbeid innafor diffraksjon fordi hydrogenatomer ikke kan "ses" særlig godt ved røntgendiffraksjon. Det samme gjelder de litt tyngre atomene karbon, nitrogen og oksygen som sammen med hydrogen finnes i komplekse organiske molekyler. Dette åpnet for utfyllende strukturbestemmelser av kjemiske forbindelser der røntgen-diffraksjon måtte melde pass.

Pulver-diffraktometeret ble også brukt til å studere det magnetiske ordningsmønstret i prøver av en serie mangansalter. I visse temperaturområder forekommer

Fig.1. Clifford G. Shull (t.v.) fotografert på IFE sommeren 1962, sammen med W.C. Koehler og H. Alperin. (Foto O. Steinsvoll)

det i slike salter antiferro-magnetisme. Begrepet ble først lansert av L. Néel i åra 1932–36. Han mente at det i noen stoffer samtidig kunne forekomme to identiske magnetiske mønstre der hvert av dem ville kunne oppføre seg som en ferromagnetisk struktur – et mønster der alle atom-magnetene er rettet samme vei. For antiferro-magneter skulle likevel de to undermønstrene ha samme magnetisering, men motsatt rettede atom-magneter slik at stoffet ikke ville vise tegn til magnetisme utad.

For tilstrekkelig lave temperaturer viste så Shull og medarbeidere (1949) at nøytronspredningsdiagrammet for manganoksid inneholdt ekstra intensitetsmaksima som nettopp kunne tydes som å stamme fra en antiferro-magnet (se Figur 2). Shull brukte langsomme (termiske) nøytroner som har bølgelengder av størrelsesorden 0,1 nanometer (10^{-10} m). Avstanden mellom magnetiske atomer i krystaller ligger også i dette området, noe som fører til sterke interferensfenomener og spredning som Shull observerte. L. Néel fikk forresten Nobelprisen i fysikk i 1970 for sine teoretiske arbeider, men det var Shulls eksperimenter som bekreftet teorien.

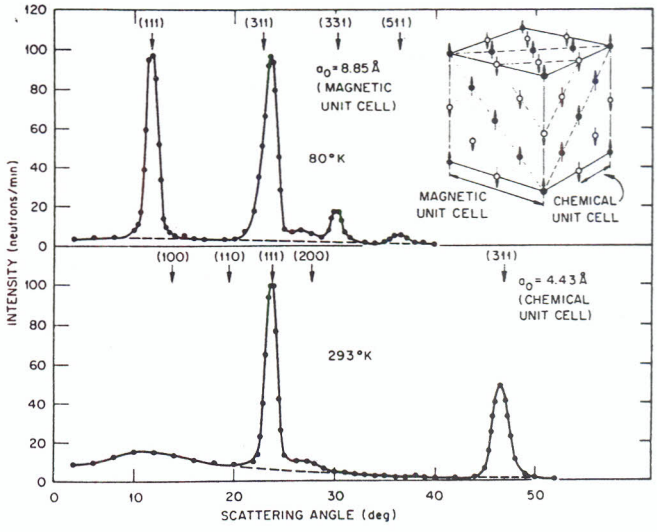


Fig.2. Nøytrondiffraksjons-mønstre for manganoksid i pulverform målt over og under Néel-temperaturen på 122 K. Under denne temperaturen (80 K) befinner stoffet seg i en antiferromagnetisk tilstand, og i spredningsmønstret forekommer ekstra spredningsmaksima ved lav spredningsvinkel. Dette viser at den magnetiske enhetscellen er større enn den kjemiske enhetscellen.

Uelastisk nøytronspredning

Fig.3. Bertram N. Brockhouse.

Den andre nobelprisvinneren, Bertram N. Brockhouse, utnyttet en annen bemerkelsesverdig egenskap ved langsomme nøytroner, nemlig at energiene deres ligger i omredet 1–100 meV (tusendels elektronvolt). Dette er akkurat samme området som de karakteristiske

svingningsfenomenene i faste stoffer, slik som varmebevegelser av atomer eller atom-magneter. De trinnvis anslåtte tilstandene eller energipakkene til disse svingningene kalles henholdsvis fononer (sml. lydbølger) og magnoner.

Brockhouse og medarbeidere utviklet i åra 1952–58 det såkalte treakse-spektrometret for nøytroner. Med dette instrumentet kunne de stille en monokromatisk nøytronstråle i resonans med svingningene i faste stoffer og derved få fram en kraftig utveksling av energi mellom nøytronene og svingningene i stoffet. Det første stoffet de tok for seg var en én-krystall av aluminium. De viste at nøytroner alt etter forsøksbetingelsene kunne oppta eller avgi energi til stoffet og dermed komme ut etter spredningen med forøket eller forminsket energi. Nøytronene opptok nettopp energipakker eller kvanter som tilsvarte fononer i aluminium (1955).

Prisvinnerne viste altså at en kunne bruke nøytroner til atomær- og magnetisk "mikroskopi". I årene som er gått har fagfeltet gitt oss stadig dypere innsikt i hvordan faste stoff og væsker er bygd opp og oppfører seg. Nøytrondiffraksjon har bl.a. ført til utvikling av nye magnettyper og til en bedre forståelse av høytemperatur supraledere.

Etterord

Det er synd at ikke Nobelprisen innafor dette fagfeltet er blitt utdelt for lang tid sida. Da ville sannsynligvis også fysikeren E.O. Wollan vært en av prismottakerne. Han er nå død. Allerede i 1945 hadde han laget en enkel forsøksoppstilling ved grafitt-reaktoren i Oak Ridge, USA, der han reflekterte nøytroner mellom to én-krystaller av steinsalt, og året etter observerte han det første pulverdiagrammet for salt med nøytroner. Wollan var Shulls nære medarbeider under de videre eksperimentene. Han hadde norske forfedre, og navnet stammer fra Trøndelag.

Det er grunn til å anta at det å gi en Nobelpris til noe som hadde med nøytroner å gjøre har voldt Nobelkomiteen visse kvaler. Nøytroner er helt siden de første atombombenes tid blitt forbundet med død og fordervelse og reaktorer for produksjon av kjernekraft. Særlig dårlig rykte fikk vel nøytronet da avisene var fulle av planer om utvikling av nøytronvåpen på 1970-tallet.

Det har også vært en utbredt misforståelse av hva slags forsking som drives ved forskingsreaktorer. Som vi har sett, er de å betrakte som kraftige nøytronkilder der nøytronene brukes til isotopproduksjon for medisinsk og teknisk bruk, og til grunnforsking og anvendt forsking innen struktur- og material-fysikk/kjemi, altså ikke til atomfysikk, kjernefysikk eller utvikling av kjernekraft! Utviklingen og byggingen av nye forskingsreaktorer har derfor vært hindret av grupper med misforstått miljøomsorg slik at det i lange perioder de siste åra vært "nøytron-tørke". Høyfluks-reaktorene i USA og Europa har f.eks. ikke fått starte etter moderniseringsarbeider. Men etter ombygginger og forbedringer er nå både høyfluks-reaktorene i Grenoble og ved Brookhaven-laboratoriet i USA heldigvis kommet i drift igjen. Dessuten er en ny høyfluks-reaktor planlagt bygd i samband med den tekniske høyskolen i München. Ved lavfluks-reaktoren JEEP II på Kjeller, gjennomgår nøytronspredningsutstyret nå nødvendige moderniseringer, finansiert av Norges forskningsråd.

Olav Steinsvoll

∞

Fra Fysikkens Historie

I 1899 fekk Kristian Birkeland bygt små steinhus på to av dei høgste fjelltoppane i Alta, Sukkertoppen og Talviktoppen. Der ville han studere nordlyset og prøve å måle verknadene det kunne ha på lufta og på jordas magnetfelt; dessutan ville han prøve å finne ut kor høgt oppe nordlyset var. Med dette formålet overvintra han der i desse første primitive nordlysobservatoria i verda, saman med to assistentar, studentane Sem Sæland og Elisar Boye, telegrafingeniør K. Knudsen – og ein kokk. Birkeland, Boye og kokken budde på Sukkertoppen, og på Talviktoppen låg Sæland og Knudsen.

Sem Sæland fortel her i eit brev til Morgenbladet, om livet dei levde på desse verharde fjelltoppane i vitskapen si teneste.

FRA NORDLYS-EXPEDITIONEN

– Brev til "Morgenbladet" –

Haldde, 13de Febr. 1900.

Haldde, det er et lappisk Ord, som, efter hvad man har fortalt mig, betyder "Skytsaand", er Navnet paa det Fjeldparti, der ligger paa Vestsiden af Altenfjorden mellem Kaafjord og Talvik. Saavel Navnet som Stedet

har hidtil været lidet kjendt; thi naar undtages en omstreifende Lappefamilie eller en Rypejæger, har sjelden noget Menneske besøgt dette Øde.

Her er det imidlertid, at Professor *Birkelands* eller, som den officielt benævnes den norske Nordlysexpedition holder til. Nu er det nemlig ikke længer helt tilfredsstillende for Videnskabsmanden blot at være "*under* Nordlysets Straaler"; først ved at komme lige ind i dem vil hans Længsel slaa sig tilro – for en Stund. Og medens saavel den berømte franske Nordlysexpedition under *Bravais* i 1838–39 foretog sine Observationer fra det lige ovenfor liggende Bosekop, har altsaa Professor Birkeland valgt toppene af dette ensomme, 1000 Meter høie Haldde til Station for Expeditionen 1899–1900.

I Sommerens Løb er der følgelig bleven mineret og muret, hamret og høvlet heroppe, og næsten dagstøt har en Karavane af Kløvheste baaret frem Bygningsmaterialer og Udrustningsgjenstande ad de bratte Skraaninger fra Kaafjord. Og paa de to Halddetoppe staar nu Verdens ypperste Nordlysobservatorier.

Disse Toppe rager selv høit opover Vidden omkring, og Observatorierne ligger saaledes frit og dominerende med Udsigt til alle Kanter.

Det største Hus findes paa Sukkertoppen, der saavel ved Form som Farve nu i Vintertiden minder om sit navn. Den ligger vel 5 km. i nordvest for Kaafjord. Huset har foruden Arbeidsværelse ogsaa Kjøkken og et koldt Forværelse for Instrumenter.

Den anden Top ligger 3,6 km. yderligere mod nordvest og henved en Mils Vei i sydvest for Talvik. Huset her har et eneste Værelse samt Instrumentkjælder.

Til begge Huse er der desuden tilmuret Observationstaarne.

Alt er solid bygget; Murene har en Tykkelse af mindst 75 cm., og Hustagene bestaaende af flere Lag Bord og Næver med Jord og Grus øverst oppe, er bardunerede med tyk Staaltraad eller Kobbertraad. Indvendig er Væggene panelede paa almindelig Vis, dernæst klædte med Pap og endelig tapetserede, og Værelserne er udstyrede med alt nødvendigt Tilbehør til et nogenlunde civiliseret Hus.

Bekvemmelighederne er saaledes baade lune og elegante til Fjeldstuer at være.

Opstigningen til begge Toppe sker lettest fra Kaafjord, men er ogsaa ad denne Kant tildels tung og besværlig. Særlig er Bakken op til den høieste Top brat og lang. Og det har derfor voldt adskilligt Besvær at faa Expeditionens Instrumenter og Proviant bragt did op. Størsteparten er bleven kløvet paa Hesteryggen. Men siden Husene ikke var ganske færdige, da vi kom til Kaafjord i Slutningen af September Maaned ifjor, maatte Opflytningen udstaa en Tid, og derved blev Opbringningen af samtlige Sager end yderligere vanskeliggjort. Vi fik nemlig strax efter Sne, saa Heste ikke kom frem, og meget maatte følgelig bæres op.

Vi kjøbte ogsaa tre Kjørerener fra Kautokeino; men paa grund af det elendige Føre indover Fjeldet kom disse først saa sent frem, at Føret ogsaa her var næsten ubrugeligt. Veien er ogsaa noget bakket for Rensdyrene, og naar dertil kom, at Sneen snart i de værste Skraaninger blev ganske haard, medens den føg bort paa andre Steder, da var det jo rimeligt, at dette Forsøg med Renskyds mislykkedes.

Jeg hadde selv den Fornøielse at være med at kjøre Renene i de første Dage, og jeg undres ikke over, at de gjenstridige Bæst tilsidst satte vor Laps Taalmodighed paa Prøve. Paa jevn og god Vei var de villige nok og trak forbausende store Læs, men i bratte Bakker negtede de trods alt vort Skrig og Skraal at gaa, saa vi ofte selv maatte hale baade Læs og Rener opover. Fik vi dem derved igang, væltede i næste Øieblik Pulken, og hele Læsset maatte stelles paa og snøres fast paany.

Resultatet af hele Strævet var, at der blev bragt lidt Ved op paa Fjeldet, hvorefter Lappen reiste hjem til Kautokeino, og vor Kok slagtede Renerne, som derved har gjort Fyldest for sig paa Expeditionens Spiseseddel.

Da Veien til Sukkertoppen snart efter blev farbar for Heste igjen, fik vi vore Sager bragt op i god Behold. Og saa kunde vi gaa igang med at opstille de forskjellige Instrumenter. Først maatte dog adskilligt Arbeide med Husene udføres, og vi var allesammen i denne Tid i Virksomhed med at lave istand Observationsborde og Hylder, panele af Mørkerom og forøvrig stelle paa en eller anden Smaating hist og her.

Den 1ste November blev de regelmessige meteorologiske Observationer paabegyndte, og snart efter kunde vi ogsaa gaa igang med de egentlige Nordlysundersøgelser.

Herunder er arbeidet fordelt saaledes, at de meteorologiske og elektriske Undersøgelser sker paa Sukkertoppen, medens alle magnetiske Observationer foretages paa den anden Top. To af Expeditionens fem Deltagere – og deriblandt til Stadighed Undertegnede – bor derfor paa sidstnevnte Sted. Expeditionen er udstyret bl. A. med selvregistrerende Barometre, Thermometre og Hygrometre, likeledes med Apparater til Registrering saavel af Jordmagnetismens forskjellige Komponenter som af Luftens elektriske Tilstand. Saavidt vides har hidtil ingen tidligere Expedition til Polaregne (undtagen delvis den franske Mission scientifique til Kap Horn i 1882–83) været udstyret med Apparater til Registrering af elektriske og jordmagnetiske Fænomener.

Til Gjengjeld har man maattet foretage direkte Aflæsninger med forholdsvis stor Hyppighed, og megen Tid er gaaet med hertil, om man skulde opnaa Resultater, der i kontinuerlig Nøiagtighed tilnærmelsesvis kan maale sig med dem, som erholdes ved vore selvregistrerende Apparater.

Ved disse skriver nemlig Naturen selv til enhver Tid op sine Hemmeligheder og giver os fuld Besked om de forskjellige Fænomeners Gang og Natur i et hvilketsomhelst Øieblikk. Dette sker ved Fotografiens Hjælp, idet selve Registreringen besørges af smaa glødende Lyspenne paa fotografisk Papir. Og medens man tidligere har maattet indskrænke sig til at vælge bestemte Dage – Termindage – med særdeles hyppige Maalinger for ellers kun at notere hver Time eller maaske sjeldnere, bliver hos os hver eneste Dag Termindag. Da Registrerapparatene heller ikke kræver meget Tilsyn, kan vi lægge saa meget større Arbeide i de øvrige Observationer.

Alle Nordlysfænomener iagttages og noteres i det mindste fra Mørkets Frembrud til Kl. 1 om natten, og der holdes i denne Tid skiftevis Vagt fra de to Observatorier. Ved Høidemaalinger purres der dog ud paa begge Steder. Stærke Nordlys bliver ogsaa fotograferede her fra den høieste Top ved Hjelp af et udelukkende til saadant Brug forfærdiget Fotografiapparat med overordentlig lysstærkt Objektiv.

Synderlig sterke eller hyppige Nordlys har det forøvrigt ikke været i Vinter, og dette er ikke overraskende, idet vi just nu befinder os i en Minimumsperiode, saavel for Nordlyset som for mange andre Naturfænomener, der paa en eller anden – hidtil ikke fuldt opklaret – Maade staar i Forbindelse med dette, saaledes Solflekker, jordmagnetiske Perturbationer og flere meteorologiske Forhold. I denne Forbindelse kan nævnes, at vi ogsaa har havt paafaldende lidet Snee i vinter.

For vore Undersøgelser er imidlertid vel definerede og ikke altfor stærke Nordlys de gunstigste, idet ellers de samtidige Variationer i elektriske og jordmagnetiske Kræfter bliver altfor kompliserede og voldsomme. Selv meget svage Nordlys bringer saaledes Lyspunkterne i vore Registratorer til at gjøre særdeles mærkbare Udslag, og vi kan nu i Almindelighed blot ved at betragte disse afgjøre, om der findes Nordlys eller ikke, saafremt Taage eller Skyer skulde hindre de direkte Iakttagelser.

Og Registrerapparaterne vil sikkerlig komme til at give meget vakre Resultater, hvilke jeg dog for Nærværende ingen Adgang har til nærmere at omtale.

Sem Sæland

∞

Bokkronikk

Alf Ragnar Nielssen og Arvid Pettersen: Nordlyspionerene. Menneskene og observatoriet på Halddetoppen i Alta. Grøndahl Dreyer, 1993 (104 sider), 248 kr.

For hundre år sidan visste ein enno ikkje kva nordlyset var, og ein visste også lite om kor høgt oppe det var. Enkle trianguleringar kunne tyde på at det var svært høgt oppe, kanskje fleire hundre kilometer over bakken; men mange meinte også å ha sett nordlys kome heilt ned på fjella, serleg i Nord-Noreg.

Det hadde vore ein gammal tanke at 'noko' truleg kom frå sola og skapte nordlys, og mot slutten av 1800-talet vart det etter kvart klarare at det måtte vere slik. Det hadde lenge vore kjent at det var ein samanheng mellom nordlys og magnetiske forstyrringar, og at nordlysstrålane var retta langs jordas magnetfelt. Nordlyssona kring den magnetiske nordpolen, var og rimeleg godt kartlagt, og ein visste at førekomsten hadde nær samanheng med solflekkaktiviteten. No hadde ein og sett *'flares'* nær solflekkar, og ein hadde lagt merke til at det kom magnetiske forstyrringar om lag eit døger etterpå; og noko seinare hadde ein sett nordlys langt sør for nordlyssona. Men kva var det som kunne kome frå sola med ein slik fart og skape slike verknader?

Eugen Goldstein var truleg den første som hadde realistiske tankar om dette. Han studerte elektriske utladningar i gassar, og hadde kome fram til at 'katodestrålar' truleg kunne gå gjennom det tomme rom. Han skreiv i 1881: *The hypothesis that empty space can admit currents of electricity, has of cource far-reaching consequences, in particular for cosmic phenomena... I may suggest, however, that certain terrestrial phenomena of electric or magnetic nature, which – on account of the coincidence of their periods or single appearances with solar phenomena – were tentatively attributed to statistical influence, magnetic induction and so on, from the sun, may perhaps be better explained by the action of electric currents, which are sent out from the sun into space. In fact the experiments show ... that no limit for the extension of what we call cathode-rays exists and it may be conceivable that the sun besides light also sends out into space electric rays* (Wiedemanns Annalen, *12*, p. 266, 1881).

Katodestrålane som ein no kunne lage i laboratoria om ein hadde høge spenningar og lågt trykk i utladningsrøyra, var svakt lysande og kunne minne litt om nordlys-strålar. Ein visste enno ikkje sikkert om

dei var av elektromagnetisk art eller om dei var det ein kalla 'korpuskelstrålar', dvs. elektriske partiklar, men dei vart påverka av magnetfelt og såg altså ut til å kunne gå gjennom lufttomt rom.

Ein dansk metorolog, Adam Paulsen, som hadde studert nordlys på Grønland, kom i byrjinga av 1890-åra til at nordlyset truleg *var* katodestrålar som kom til syne i atmosfæren; men han trudde at katodestrålane måtte kome frå dei øvste laga i atmosfæren. Der meinte han at UV-stråling frå sola kunne "ionisere" gassane og dermed skape høge spenningar og katodestrålar. Men kvifor hende dette berre rundt polane?

Kristian Birkeland, som då var ein ung fysikar, var på studieopphald i Frankrike, Sveits og Tyskland på den tida. Der lærde han at katodestrålar både kunne gå gjennom lufttomt rom og verte påverka av magnetfelt. Vel heime att i Oslo, i 1895, gjekk han i gang med å studere slike strålar i magnetfelt. Han hadde enno ikkje *studert* nordlys, men han tykte likevel at katodestrålane i utladningsrøyra kunne minne om nordlysstrålar som han hadde sett over Oslo. Og då Birkeland publiserte resultata av eksperimenta sine i 1896, nemnde han også dette. Han skreiv at dersom det var slik som Adam Paulsen trudde, at nordlys *var* katodestrålar som kom inn i atmosfæren, så kunne ein like godt tenkje seg at desse strålane kunne kome direkte frå sola og bli "sogne" inn mot jorda av magnetfeltet. Slik ville ein kunne forklare den nære samanhengen det var mellom nordlys- og solflekkaktiviteten, og at nordlyset førekom mest kring polane. Desse tankane var altså ikkje heilt nye, men Birkeland ville no prøve å finne ut om det verkeleg kunne vere slik ved å studere nordlyset sjølv.

Birkeland visste at det var mykje nordlys i Finnmark, og han hadde også høyrt at nordlyset kunne kome heilt ned på fjella der. Saman med to studentar reiste han difor til Alta i februar 1897, der det også hadde det vore nordlysekspedisjonar før, for å finne høvelege fjelltoppar der dei kunne gjere observasjonar og prøve å finne ut om nordlyset verkeleg kom ned på fjella. Han ville og prøve å finne ut om nordlyset kunne påverke veret slik mange trudde på den tida.

Denne ekspedisjonen vart mislukka, og dei heldt på å omkome i snøstorm på Beskades. Likevel reiste Birkeland nordover att om hausten same året, og i Haldde-fjella nær Kåfjord, fann han to fjelltoppar, Sukkertoppen og Talviktoppen, som han meinte ville høve godt til det formålet han hadde sett seg. Desse toppane var over 900 m høge, og låg 3,4 km frå kvarandre. Der ville Birkeland byggje to solide observatoriehytter i stein; og seinhaustes i 1899 stod hyttene ferdige – *"two of the beste auroral observatories in the world,"* skriv han.

Birkeland drog no til Haldde for å overvintre der saman med studentane Sem Sæland og Elisar Boye, ingeniør K. Knudsen – og ein kokk. Sæland og Knudsen låg på Talviktoppen, og dei andre budde i hytta på Sukkertoppen. Her ville dei gjere atmosfæriske- og magnetiske målingar så nær nordlyset som mogeleg, og dei ville prøve å finne ut kor høgt oppe nordlyset var ved trianguleringar, endå dei ikkje hadde fotoutstyr til dette. Sem Sæland skriv at dei berre hadde eitt kamera som han skulle prøve å fotografere dei sterkaste nordlysa med, slik det hadde lukkast for nokon å gjere før.

Det vart ein hard vinter for folka i steinhyttene på Haldde, og nordlyset kom ikkje ned til dei slik Birkeland hadde von om. Bilete av det fekk dei heller ikkje, men dei kunne tydeleg registrere magnetiske forstyrringar når nordlyset viste seg på himmelen. Slik var ekspedisjonen vellukka. Men ei vekes tid før dei skulle reise heim, vart student Boye saman med nokre vener frå Alta, tekne av snøskred på vegen til Haldde, og Boye og kaptein Lange frå Alta omkom.

Birkeland vart no ikkje freista til fleire overvintringar på Haldde, og det var først i mai 1910 at han og Sæland tok turen dit att. Denne gongen var det for å finne ut om Halleys komet ville forstyrre jordas magnetfelt. No fann Birkeland på at han ville byggje eit meir permanent observatorium på Haldde-toppen med bustadhus for familiefolk. Det var serleg jordmagnetisme og meteorologi han ville studere der, men også nordlys, jamvel om vertilhøva på denne fjelltoppen ikkje var dei beste for nordlysstudier.

Det er underleg at Birkeland ville gå inn for dette no etter at han sjølv hadde fått meir interesse for å studere zodiakallyset frå Egypt. Men han søkte og fekk pengar til prosjektet, og i 1912 vart det bygt eit solid bustadhus ved den gamle observasjonshytta på Haldde, der dei også måtte lage tunnel mellom husa for å kunne gå til og frå vinters tid.

Birkeland fekk også folk til å flytte dit. Unge entusiastiske forskarar med koner og medhjelparar kom for å bu på Haldde og gjere vitskapelege målingar der. Ole A. Krogness vart tilsett som den første styraren. Han var nygift då, og saman med kona Dagny og to assistentar flytte han inn på observatoriet hausten 1912.

Neste sommar vart huset påbygt, og i 1915 flytte Olav Devik med kone inn for å ta seg av dei meteorologiske målingane. Der kom også ein assistent med familie, så det vart eit heilt lite samfunn på fjelltoppen. Born vart fødde der, og ku måtte dei også ha for å få mjølk til borna.

Observatoriet var no i drift heilt fram til 1926, men Krogness og Devik flytte derifrå i 1918, til det nye

Geofysiske institutt i Tromsø. Etter dei kom det ein svenske som styrar, Hilding Køhler med familie, og fleire assistentar med familier og tenestefolk budde der også.

Det er om desse folka og livet deira på Haldde, at boka er skriven først og fremst, men også om historia til observatoriet, og om andre nordlysekspedisjonar til Alta i eldre tid. Forfattarane er historikarar, og dei vil serleg fortelje Haldde si "kulturhistorie". Vi får høyre om kven dei var, folka på Haldde, og korleis dei levde og stridde mot den barske naturen der oppe på den nakne fjelltoppen. Men vi får også høyre om eit rikt sosialt liv, der musikken var sentral, sidan Krogness var svært musikkinteressert og jamvel hadde piano i stova! Mor til Ole Krogness kom frå den musikalske Lindeman-slekta, men ho var ikkje dotter til Ole Andreas Lindemann, slik det står i boka.

Forfattarane legg stor vekt på å få med biografiske opplysningar om alle som budde og arbeidde på Haldde; også folk frå lokalsamfunnet i Alta som arbeidde der berre eit par vekers tid, vert nemnde, likeeins kjende folk som var på vitjing der, t.d. Roald Amundsen. Godt fortalt, stort sett, men kanskje litt for mykje lokalhistorisk prega, sett utanfrå. Vi får såleis sjå bilete av "Lukkassens ku 'Dagros' og kalven 'Litago', som kom til verden på Haldde." Men under eit bilete der "Noen av nordens fremste forskere er samlet ved hovedbygninga," er det berre Køhler som er nemnt på namn. Eit tredje bilete har teksten: "En av assistentene i arbeid med et av instrumentene utenfor observatoriebygningen."

Hausten 1944 då Finnmark vart brent, vart også husa på Haldde raserte, men murane stod. I 1980 tok Alta Historielag initiativ til å restaurere dei gamle bygningane, og dei er no komne godt i gang med dette. Forfattarane skriv utførleg om dette arbeidet. Vi får vite detaljar om kva som trongst av reparasjonar og om kven som gjorde arbeidet. Her er lokalhistorikarane på heimebane, og dei legg vinn på å gje ei dokumentarisk rett attgjeving av historia. Dette er prisverdig, men ikkje alt av dette stoffet er like interessant utanfor lokalmiljøet.

Boka er rikt illustrert med bilete både frå gammal og ny tid, men eg saknar eit kart over området med namn på dei viktigaste stadane som er nemnde i boka.

Fysikarar ville nok gjerne også likt å få vite litt meir konkret om kvifor desse observatoriehyttene vart bygde der oppe i høgfjellet, og kva forskarane verkeleg gjorde der. Dette kjem diverre ikkje så tydeleg fram i boka, jamvel om forfattarane gjer freistnad på å få med også noko om dette i "dokumentarisk" form. Men dei er tydelegvis ikkje på heimebane her; og jamvel om dei jamt refererar til ein fagmann på dette området, så er det diverre ikkje like rett alt det dei fortel om forskarane og deira arbeid på Haldde.

I kapitlet om Kristian Birkeland – grunnleggjaren, får vi først vite at "Hans fulle namn var Olav Kristian Birkeland", men han heitte også Bernhard. Vidare brukar forfattarane eit sitat som skal samanfatte Birkelands nordlysteori frå 1896. Men her kan det sjå ut som om Birkeland kjende til langt fleire detaljar om nordlyset enn han verkeleg gjorde. Såleis står det her: "Nordlyset oppstår altså som en følge av kollisjoner mellom energirike ladede partikler fra sola og atomer og molekyler i jordas øvre atmosfære, vel 100 kilometer over bakken." Slik kunnskap fekk ein først mange år seinare. Birkeland sjølv kalla heller ikkje dei tankane han publiserte i 1896 for ein 'nordlysteori'. Han skriv såleis i den store boka si frå 1908 (side 4): *"... the hypothesis put forward by me in 1896 regarding the origin of the aurora, namely that the northern lights are due to cathode rays or similar rays emitted by the sun, these rays being drawn in from space towards the earth by the terrestrial magnetic forces."* Stort lenger gjekk ikkje han den gongen.

Vidare seiest det i boka at "et vesentlig moment for eventuelt å bekrefte den (teorien) var å finne ut om nordlysets høyde i virkeligheten tilsvarte Birkelands beregning." Men Birkeland kunne nok ikkje "beregne" nordlyshøgder. Det fanst ikkje grunnlag for det i dei tider, og Birkeland gjorde vel neppe freistnad på slikt heller. Nei, han ville opp i fjella for å kunne gjere målingar i lufta så nær nordlyset som mogeleg, og han ville finne ut om nordlyset verkeleg kunne kome heilt ned på fjelltoppane i Alta-området, slik mange meinte å ha sett. Dette skriv Birkeland sjølv i boka si frå 1908. Med to stasjonar 3,4 km frå kvarandre, trudde han og at det kunne vere mogeleg å bestemme nordlyshøgder ved triangulering endå han ikkje hadde fotografisk utstyr til dette slik det vert sagt i boka. Rekognoseringsturane til Finnmark gjorde Birkeland i 1897, og ikkje i 1896 og 1897, som boka fortel.

Det var først i 1910 at Størmer, i samarbeid med Ole Krogness, fekk fotoutstyr som var godt nok til fotografering av nordlys for høgdemålingar; og det er rett, som boka fortel, at dei første av slike triangulerings målingar vart gjorde med fotografi tekne i Alta i 1910. Men det er ikkje rett å seie at: "... bestemmelsen av nordlysets høyde, ble endelig løst i 1910 ..." Nordlyshøgdene varierar sterkt, og Størmer heldt fram med å kartleggje nordlyshøgder etter denne metoden i meir enn ein mannsalder. (Dei fleste av desse triangu leringane vart gjorde frå Sør-Noreg.)

Om Sem Sæland skriv forfattarane: "På mange

måter kan vi si at han ble Birkelands arvtaker." Ja, kan vi det? Eg kan ikkje sjå at dette er rett. Sem Sæland vart rett nok vidgjeten både som professor og universitetsrektor, men han vart ingen 'nordlysforskar'; og han tok på ingen måte over etter Birkeland då han døydde i 1917. Det var det derimot ein annan av Birkelands tidlege assistentar som gjorde, Lars Vegard. Det var han som fekk professoratet etter Birkeland, og han vart den store pådrivaren i norsk nordlysforsking heilt fram til 1950-åra. Men Vegard er ikkje nemnt i denne boka, endå han også var på ein pioner-ekspedisjon til Alta, i 1912–13. Vegard ville då prøve å studere nordlysspektret, og i tillegg gjere fotografiske høgdemålingar i samarbeid med sin gode ven Ole Krogness på Haldde. Vegard kom seinare til at observatoriet på Haldde ikkje ville vere brukbart som eit permanent nordlysobservatorium. Verlaget der var ikkje godt nok; og han vart ein pådrivar for å få bygt eit nytt nordlysobservatorium i Tromsø.

Mitt hovudinntrykk av boka er at ho stort sett både er velskriven og velutstyrt, og gjev eit interessant bilete av "Menneskene og observatoriet på Halddetoppen i Alta." Men eg kan ikkje seie at ho gjev eit like godt og pålitande bilete av "Nordlyspionerene" der.

Karl Måseide

∞

Bokomtaler

A.C. Phillips: The Physics of Stars. John Wiley & Sons, 1994, (208 sider) $28,75.

Glimrende innføring i stjernefysikk

I uminnelige tider har menneskene undret seg over hva natthimmelens funklende lyskilder egentlig er. Men først atomfysikk og kvantemekanikk fra vårt eget århundre ga svaret på hvorfor stjernene stråler. Nå vet vi at stjernene er enorme fusjonsreaktorer der gasslagene holdes på plass av mektige gravitasjonskrefter.

Astrofysikk er nok den disiplin som tar i bruk flest områder av fysikken. Mens mange fysikere kan nøye seg med å være dyktige eksperter på et snevert felt, må en skikkelig astrofysiker beherske de aller fleste felter av både klassisk og moderne fysikk.

Den innføringsboken i stjernefysikk jeg har foran meg bekrefter dette til fulle. Boka har tittelen "The Physics of Stars", og her tar forfatteren A.C. Phillips, i bruk både Newtons mekanikk og gravitasjonsteori og Maxwells elektromagnetisme. Den klassiske termodynamikken er også helt vesentlig. Men enkel kvantemekanikk er selvsagt absolutt nødvendig for å følge resonnementene i denne boka. En bør også beherske spesiell relativitetsteori. Den som skal lese denne innføringsboka må altså i alle fall ha bak seg en såkalt 20-vekttalls gruppe i fysikk.

I dag er jo astronomi ute av videregående skole som egen disiplin. Til gjengjeld skal det finnes en innføring i astrofysikk innenfor faget fysikk i videregående skole. En undres da om ikke fysikk-lektorene faktisk burde beherske i alle fall deler av denne læreboken til A.C. Phillips. For her er det meste beskrevet på et forholdsvis kortfattet, men krystallklart vis. Ved stjernenes uhyre varme sentralområder smelter atomkjerner sammen og frigjør store energimengder. Her går Phillips ordentlig inn på den viktige trippel-alfa-prosessen der helium lager karbon. I det siste trinnet i denne prosessen er det av helt avgjørende betydning at det finnes en eksitert tilstand av $^{12}_{6}C$, for ellers får en ikke heliumbrenning ved så lav temperatur som hundre millioner grader. Fred Hoyle forutsa at denne eksiterte tilstanden måtte eksistere, og eksperimentalfysikerne kunne omsider bekrefte at han hadde rett. Den spådommen burde være en Nobelpris verdig. For uten eksistensen av denne eksiterte tilstanden av karbon, ville det ikke finnes livsformer basert på karbon i universet, og dermed heller ikke menneskelige stjernekikkere.

Energien som blir frigjort ved stjernesenteret baner seg sakte vei mot overflaten av stjerna og vekselvirker med plasmalagene slik at det faktisk kan ta en million år før den slipper ut i det iskalde verdensrommet.

Vi får her en grundig kunnskap om hva slags struktur ei stjerne har og hvordan den vil utvikle seg når kjernebrenselet en gang tar slutt.

Både hvite dvergstjerner og kompakte nøytronstjerner blir beskrevet. For å gi en pålitelig beskrivelse av nøytronstjerner, må en erstatte Newtons gravitasjonslov med Einsteins generelle relativitetsteori. Dessverre er boka så kortfattet at leseren må nøye seg med bare å godta resultatene her. Leseren sitter her igjen med det inntrykk at nøytronstjerner blir instabile først når sentraltrykket blir uendelig stort. Men dette er sannelig en sannhet med modifikasjoner. Jeg savner også et kapittel om pulserende stjerner, for disse cepeidene er særdeles viktige avstandsmålere i verdensrommet.

Hvert av de seks kapitlene avsluttes med en elegant oppsummering av de viktigste resultatene. Dessuten har hvert kapittel også ei liste med problemer som den ivrige leser kan få prøve seg på.

Jeg tror faktisk at denne boka ikke bare vil være til nytte for vordende astrofysikere. Også etablerte fysikere fra andre disipliner vil ha stor glede av å lese den. Da kan de titte opp og stemme i med skalden fra Åmot: "Det var som glør inni blåna brent, når alle skjelvende lys ble tent."

Henning Knutsen

∞

R.D. Blandford, A. Hewish, A.G. Lyne and L. Mestel: Pulsars as Physics Laboratories, Oxford University Press, 1993, (197 sider) $65,00.

Et kvart århundre med pulsarforskning

I 1993 var det 25 år siden Jocelyn Bell Burnell og Antony Hewish oppdaget pulsarer. Hewish fikk Nobelprisen for denne oppdagelsen i 1974. Det var nok dem som mente at Nobelkomitéen burde inkludert den kvinnelige studenten til Hewish. Men oppdagelsen ble i alle fall tilbørlig feiret ved å arrangere et vitenskapelig møte i Cambridge. Resultatet av denne kongressen foreligger nå i bokform. Fire av de fremste forskerne på dette området står som utgivere av denne boka. Men foruten Blandford, Hewish, Lyne og Mestel, har 9 andre forskere også bidratt til boka *"Pulsars as Physics Laboratories"*.

Det er velkjent at Gold var den som forklarte pulsarer som elektromagnetiske signaler fra hurtigroterende, kompakte nøytronstjerner. Oppenheimer og Volkov beskrev slike merkelige stjerner allerede i et pionerarbeid fra 1939. Men inntil oppdagelsen av pulsarer forble de teoretiske skrivebords-konstruksjoner.

Forfatterne av denne boka har skrevet artiklene sine med henblikk på fysikere med en allmenn, heller enn en spesialisert bakgrunn. For fysikere flest vil da det å lese dette bindet virke som en brukbar motgift mot farlig og fattigslig overspesialisering. Fysikken om nøytronstjerner har jo vist seg å være et utrolig fruktbart og omfattende felt. Det finnes knapt den fysikk-disiplin som ikke blir innkalt for å forklare et eller annet aspekt angående nøytronstjerner og deres omgivelser.

Alle kan selvsagt ikke være eksperter på alle disse feltene, men astrofysikere bør jo absolutt ha en svært allmenn oversikt. Jeg tror også denne boka vil være nyttig lesning for studenter som drømmer om å bli forskere i relativistisk astrofysikk. Det skal nok innrømmes at noen av artiklene er nokså 'harde' rent teknisk, men først kan en jo nøye seg med å skumlese. Siden får en prøve å følge argumentasjonen i detalj.

Siden Taylor fikk Nobelprisen i 1993, har vel det kapitlet han skriver om dobbelt-pulsaren PSR 1913+16, fått særdeles stor tiltrekningskraft. Fra dette systemet har vi jo observert gravitasjons-stråling for første gang, om enn indirekte. Her er Einsteins elegante teori blitt triumferende bekreftet.

Det er også uhyre interessant at en nå mener å ha belegg for at noen nøytronstjerner omgir seg med planeter. Dette fenomenet blir nevnt i et langt kapittel som er viet de forholdsvis vanskelige dynamiske problemer en møter for nøytronstjerner som befinner seg i tette kuleformede stjernehoper.

Pethick fra vårt eget Nordita forteller om hvordan en prøver å bestemme tilstandslikningen for materien ved senteret av disse nøytronstjernene der tettheten overstiger tettheten av kjernematerie. Lyne forteller om hvordan brå og uforutsette forandringer i pulstakten kan gi oss informasjon om nøytronstjernens indre.

Mestel tar for seg den vanskelige plasmafysikken i det nære rommet rundt nøytronstjerner. Her vil sterke magnetfelt akselerere ladde partikler. Disse vil altså sende ut stråling, men hvordan denne mekanismen egentlig virker i detalj, er langt fra avgjort.

Jeg skriver denne anmeldelsen i de patriotiske dager da det er hyggelig å være nordmann. Jeg kan da ikke dy meg for å fortelle at nordmenn ikke bare høster ære når de erobrer medaljer ved vinter-OL på Lillehammer. Arbeidene til Erlend Østgaard og Sjur Refsdal blir anerkjent i denne boka. Noen nordmenn har altså beholdt vikingenes utferdstrang og erobret nye områder for vitenskapen.

Henning Knutsen

∞

FFV-trim 3/89 – en hjemsøkelse

Jan Finjord *

Trimoppgaven i FFV 3/89 gjaldt en jernbanevogn med en evakuert tank som det ble stukket et hull på i den ene enden. Hvilken vei ville vogna bevege seg? Løsningen som ble presentert i påfølgende nummer var klart ukorrekt. Dette førte til en polemikk mellom 3 kombattanter (her kalt X, Y og Z i rekkefølgen for første opptreden på arenaen) som gikk som føljetong i hvert nummer av FFV til og med 1/1991, da den fikk en avslutning, eller rettere et avbrudd.

X hevdet innbitt at vogna ville bevege seg til den siden hvor hullet var. Y fant at den ville bevege seg i motsatt retning, forutsatt gyldigheten av en approksimasjon som han selv påpekte var diskutabel. Til slutt brakte Z de to andre til taushet med en lammende impuls: Vogna ville ikke bevege seg. Men hvem hadde egentlig rett?

Den som står på skuldrene til kjemper, kan som kjent se lenger enn dem. La oss derfor se om det er mulig å komme nærmere en konklusjon.

Vi skal bruke følgende suksessive approksimasjoner:

Ikke-viskøs fluid, friksjonsfri vognbevegelse.
Kompressibel fluid (adiabatisk ideell gass som spesialtilfelle).
Pseudostasjonær strøm.
Retningsuavhengig strøm inn mot hullet.
Hullet $\ll$ tankveggen (plant areal).
Endimensjonal sjokkbølgebeskrivelse.

Har tank og vogn først fått en impuls, og var fluiden rotasjonsfri i begynnelsestilstanden, vil de fortsette å bevege seg uten å møte motstand[1] (d'Alemberts paradoks). Effekter av endelig kompressibilitet er viktig nær hullet i tanken: Hvis trykket i tanken er under verdien p_*, fås en maksimal konstant innstrømshastighet u_* midt i hullet, lik lydhastigheten ved de lokale termodynamiske betingelsene der, med eksplisitte uttrykk for p_*, u_* og tilhørende tetthet ρ_* gitt i Y's innlegg i FFV 2/90. Stasjonær strøm utenfor tanken medfører at den forutsettes å være i ro eller å ha konstant hastighet. (Pseudo, fordi vi skal betrakte perioden hvor trykket inne i tanken øker mot verdien p_*.) Denne kinematisk enklest tenkelige tilstanden er realisert hos Y (med kontrollvolum som omslutter tanken i dens ytre overflate og ytterkanten av den stående sjokkbølgen i hullet) og hos Z (med et kontrollvolum som er komplementet til det som Y bruker), men med forskjellig begrunnelse. Approksimasjonen er naturlig hvis vogn + tank har stor masse, selv uten antagelsen om at hullets areal er mye mindre enn tankveggens (liten impulsoverføring).

Observasjon 1: Det holder ikke å postulere at impulsbevarelse forhindrer bevegelse av vogna i den pseudostasjonære perioden, hvis luft og vogn opprinnelig var i ro. Selvmotsigelser inntreffer: Hvis vogna får en hastighet pga. transienten før pseudostasjonær tilstand inntreffer, måtte den senere nettopp utsettes for en motsatt rettet akselererende kraft som bremser den ned, såfremt vogn og luft *hver for seg* asymptotisk sett skulle ha null impuls. Spørsmålet om bevegelse eller ikke, bør besvares ved eksplisitte beregninger av akselererende kraft i den pseudostasjonære perioden.

Observasjon 2: Uttrykket for impulssatsen som presenteres av X i FFV 1/91, er et spesialtilfelle som gjelder for et ikke-deformerbart kontrollvolum som samtidig er et inertialsystem. Den generelle impulssatsen inneholder i tillegg et ledd som tar hensyn til kontrollvolumets akselerasjon. (Viktig f.eks. ved utledning av "rakettformelen".) Y har helt legitimt neglisjert dette leddet ved å innføre en ytre motkraft som holder vogn og tank i ro i den pseudostasjonære tilstanden, og som skal beregnes. Z har også *gått ut fra* at man har en pseudostasjonær situasjon hvor det ytre kontrollvolumet, som pr. definisjon ligger an mot tanken, ikke har akselerasjon. (At både Y og Z dessuten kan neglisjere leddet med tidsderivert, følger enklest fra fysiske betraktninger i Z's kontrollvolum.) Men Z's likning (1) vil da få samme form enten pseudostasjonæriteten

*Høgskolesenteret i Rogaland, Postboks 2557 Ullandhaug, 4004 Stavanger.

skyldes null impulsoverføring fra luft til tank eller at denne impulsoverføringen balanseres av en ytre kraft. Og hvis man fra denne likningen, som var basert på antagelsen om null akselerasjon, beregner null impulsoverføring, foreligger det en sirkelslutning!

Vi konkluderer med at høyrerettet ytre motkraft F_x (i Y's figur) som balanserer den akselererende impulsoverføringen, bør finnes ved beregning av trykkraftresultanten F_d i uttrykket

$$F_x = \rho_* u_*^2 A_0 - (p_0 - p_*)A_0 + F_d$$

hvor

$$F_d = -\int_{A_0}^{\infty} (p_0 - p)\, dA$$

Her er p_0 og p trykket i henholdsvis stor avstand fra hullet og på veggen nær hullet, og A_0 er hullets areal.

Antagelsen om retningsuavhengighet kan presiseres som at for en radius $r \geq r_1$ omkring hullets sentrum (nødvendigvis med $r_1 > r_*$, hvor r_* er hullradien) er innstrømshastighetsvektoren overalt radielt rettet mot hullets sentrum, samt at $|\vec{u}|$, p og ρ er konstanter på halvkuleskall med radius r. Tilsvarende sirkelarealer:

$$A_0 = \pi r_*^2\,, \quad A_1 = \pi r_1^2$$

Med delvis integrasjon og bruk av Bernoullis likning:

$$F_d = (p_0 - p_1)A_1 + \int_{u_1}^{0} A\rho u\, du + F_{rest}$$

$$F_{rest} = -\int_{A_0}^{A_1} (p_0 - p)\, dA$$

I integralet ovenfor er u en hastighet infinitesimalt nær og parallelt med tankveggens utside. Etter vår antagelse har den samme verdi overalt på en halvkuleflate med areal $2A = 2\pi r^2$. Kontinuitetslikningen gir

$$2A\rho u = A_0 \rho_* u_* = \text{konstant}$$

siden arealene som inngår i kontinuitetslikningen pr. definisjon ligger i flater *tvers* på strømretningen. Hastighetsintegralet kan da evalueres eksplisitt:

$$\int_{u_1}^{0} A\rho u\, du = -\frac{1}{2}\rho_* u_* u_1 A_0$$

Den resulterende formen på uttrykket for F_x gjelder enten man regner luften for kompressibel eller ikke.

Observasjon 3: Z antar implisitt i sin regning at $r_1 = r_*$, $p_1 = p_*$, $u_1 = u_*$ samt $F_{rest} = 0$. Men i regningen er poenget med halvkuleoverflate kontra sirkeloverflate (faktoren $\frac{1}{2}$) blitt oversett. Med sine antagelser skulle Z i stedet ha funnet at vogn + tank må påsettes en ytre motkraft

$$\begin{aligned} F_x &\approx \frac{1}{2}\rho_* u_*^2 A_0 \\ &= \frac{1}{2}\gamma \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \rho_0 R T_0 A_0 \\ &\approx 0{,}37\, p_0 A_0 \qquad (\gamma = \frac{7}{5}) \end{aligned}$$

for ikke å bevege seg til *motsatt* side av den hvor hullet er. Sammenliknet med Y's koeffisient 0,2679, fører Z's gjøremåte til en ufysisk *positiv* verdi for F_d.

Hva så med "bedre" approksimasjoner? Vi kan (helt frekt) prøve å fortsette med den éndimensjonale approksimasjonen som ligger bak sjokkbølgeberegningene: Anta sfærisk symmetri for $r \geq r_1 = N r_*$, og plan symmetri i strømmen for $r < r_*$, med overgang i intervallet $r_* \leq r < r_1$. Tetthet, trykk og hastighet for $r = r_1$ vil da være gitt ved

$$\frac{\rho_1}{\rho_0} = \left(1 - \frac{\gamma-1}{\gamma+1}(\frac{u_1}{u_*})^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$$

$$\frac{p_1}{p_*} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_*}\right)^{\gamma}$$

$$\frac{u_1}{u_*} = \frac{1}{2N^4}\frac{\rho_*}{\rho_1}$$

hvor det siste uttrykket kommer fra kontinuitetslikningen, samt ved Y's uttrykk for ρ_*, p_* og u_*^2. I grensen

$$N \to 1_+ : \qquad A_1 \to A_*\,, \quad F_{rest} \to 0$$

vil ρ, p og $|\vec{u}|$ være diskontinuerlige ved randen av hullet på tankens utside. Lite ville imidlertid oppnås ved å bruke en større N-verdi: Da må F_{rest} estimeres, på bakgrunn av en trykkfordeling funnet ved å anta retningsuavhengig strøm der denne antagelsen er minst pålitelig. Altså:

$N \to 1_+ \Rightarrow$

$$\frac{\rho_1}{\rho_*} \to 1{,}5060\,; \quad \frac{p_1}{p_*} \to 1{,}7740\,; \quad \frac{u_1}{u_*} \to 0{,}3320$$

Det følger at

$$F_d = -0{,}0599$$

Konklusjon: Med våre antagelser, spesielt den om retningsuavhengig strøm over halvrommet utenfor hullet, finner vi

$$F_x \approx 0{,}21\, p_0 A_0$$

slik at i den pseudostasjonære perioden får den evakuerte tanken en akselerasjon til *motsatt* side av den hvor hullet er, hvis ingen motkraft er til stede. Hvis

[1] I alle fall fram til enden av skinnegangen ...

målet er en helt pålitelig bestemmelse av F_x, forutsetter det i stedet fluiddynamiske beregninger med en omstendelighet som, for å sitere Y, ligger enda lenger utenfor formatet for en trimøvelse. Samtidig ser vi at Y har en klar ledelse på "oppløpssiden" hva fortegnet angår.

Et filleproblem? Ja, utvilsomt. Men det har aktualisert at norske fysikere flest lærer lite om impulssatsen og tilnærmet ingenting om kompressible fluiders dynamikk.

Tenk over det, når du sitter og kikker ut på jetmotorene, på vei til neste fysikermøte.

Litteratur

1. Irving H. Shames: *Mechanics of Fluids, 3rd edition.* McGraw-Hill (1992).

∞

Trim i FFV

FFVT 4/94

a) Gjennom sentrum av en metallkule med egenvekt 5 er boret et sylindrisk hull. Hullet er 10 cm langt. Hva veier den gjennomborede kula?

b) En ekstraoppgave for mellomjula: Faller 1. nyttårsdag like ofte på lørdag som på søndag?

Løsning FFVT 3/94

Oppgaven spurte etter det forventede antall *forskjellige* siffer i et tilfeldig tisifret tall.

La oss starte med å bemerke at sannsynligheten for at tallet *ikke* inneholder sifferet 9 er $(9/10)^{10}$, og sannsynligheten for at 9 *er* til stede er

$$p = 1 - \left(\frac{9}{10}\right)^{10}.$$

La så $I(i)$ være lik 1 om siffer i er til stede i tallet, lik 0 om siffer i ikke er til stede. Antall forskjellige siffer er da

$$I(0) + I(1) + I(2) + ... + I(9).$$

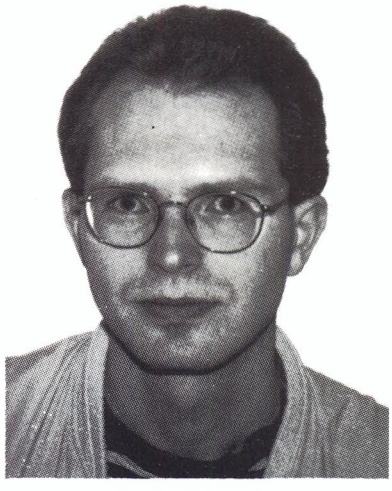
Middelverdien av dette er det tidobbelte av middelverdien av $I(9)$, da enkeltsifrene er likeverdige. Og da $I(9)$ bare tar verdiene 0 og 1, er middelverdien av $I(9)$ lik sannsynligheten for at sifferet 9 er til stede, altså lik p. Det vil si at det midlere antall forskjellige siffer er $10p$, altså

$$10\left[1 - \left(\frac{9}{10}\right)^{10}\right] \simeq \underline{\underline{6.5}}$$

∞

Nye Doktorer

Einar Grønvoll



Cand.scient. Einar Grønvoll forsvarte 23. august 1994 avhandlinga *Plasma Confinement and Waves in the Toroidal Plasma Machine Blaamann* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø.

Undersøkelsen er foretatt i den eksperimentelle installasjonen 'Blaamann' ved Nordlysobservatoriet. Denne består av et torusformet vakuumkammer med flere systemer for danning av magnetfelt, og det toroidale magnetfeltet kan nå opp i en styrke på 0,4 tesla.

I undersøkelsen ble plasma dannet ved at elektroner fra et wolframfilament ble utsatt for en spenning, slik at de fikk nok energi til å utføre en partiell ionisering av gassen. Plasmaet i Blaamann er i en likevektstilstand uten å ha en rotasjonstransform. Avhandlinga beskriver et detaljert studium av innelukking og transport i et plasma av denne typen.

Ved å legge til et magnetfelt i vertikal eller radiell retning, kan den negative overskuddsladningen grunnet de emitterte elektronene unnslippe ved å følge magnetfeltlinjene fram til kammerveggen.

En annen mulighet som den ekstra ladningen har til å unnslippe eller bli nøytralisert, er ved radiell transport grunnet kollisjoner med nøytrale molekyler. Når begge disse mulighetene er fjernet eller kraftig redusert, viser det seg at plasmaet øker sitt turbulensnivå.

Plasmadiffusjonen ble målt ved hjelp av Langmuir-prober. Resultatene av undersøkelsen viser at diffusjonen ikke var relatert til Bohmdiffusjonen, og ofte var høyere enn denne.

Avhandlinga tar også for seg lavfrekvente elektrostatiske bølgemoder. Undersøkelsen viser hvordan interferogram-målinger av ione-Bernsteinbølger i et hydrogenplasma kan gi informasjon om temperatur og fordeling av H^+, H_2^+ og H_3^+ ioner i plasmaet.

Grønvoll er nå ansatt ved Universitetet i Tromsø.

∞

Bjarte Kileng

Bjarte Kileng (f. 1964 i Bergen) forsvarte 7. oktober 1994 avhandlingen *Some Triangle Diagram Effects in the Minimal Supersymmetric Standard Model* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen. Doktorgradsarbeidet er utført ved gruppen for teoretisk partikkelfysikk ved Fysisk institutt, under veiledning av Per Osland.

Standardmodellen i partikkelfysikk beskriver hvordan elementærpartikler vekselvirker ved elektromagnetiske krefter, og ved svake og sterke kjernekrefter. Der er indikasjoner på at Standardmodellen ikke er konsistent, men mange er av den oppfatning at den kan gjøres konsistent ved å innføre en høyere symmetri mellom forskjellige partikkelslag, kalt supersymmetri. En slik teori er undersøkt av Kileng.

Standardmodellen krever eksistensen av en partikkel kalt Higgs-bosonet, som det letes intenst etter ved CERN i Geneve, og ved de andre store partikkelakselleratorene. Den supersymmetriske modellen krever flere slike partikler, men ingen Higgs-bosoner er hittil oppdaget. I Kilengs doktorgradsarbeid er en ny måte å lete etter en av Higgs-partiklene på studert. Denne nye mekanismen vil være av interesse ved CERNs fremtidige aksellerator, LHC, hvor protoner vil kollidere med hverandre ved svært høy energi.

Ifølge den supersymmetriske modellen, må der også eksistere nye partikler kalt gluinoer. Kileng har også studert en måte til å produsere slike partikler på ved kollisjoner mellom elektroner og deres antipartikler ved LEP, CERNs største aksellerator.

Kileng tok cand.scient.-eksamen ved UiB i 1990, og har i tre år hatt doktorgradsstudiet finansiert av Norges forskningsråd (tidligere NAVF). Han er nå stipendiat ved Nordisk Institut for Teoretisk Fysik (NORDITA) i København.

∞

Katrin Nord-Varhaug

Sivilingeniør Katrin Nord-Varhaug forsvarte 29. juni 1994 avhandlinga *Titanium diboride. Interfacial microstructure and wettability by liquid aluminium* for dr.ing.-graden ved Norges tekniske høgskole.

Titandiborid er eit materiale ein ønsker å nytta som katodemateriale ved produksjon av aluminium, fordi det har fleire attraktive eigenskapar samanlikna med grafitt, som blir brukt i dag. Men ei ulempe med materialet er at i kontakt med flytande aluminium trengjer

aluminium inn gjennom korngrensene i TiB_2, og det kan føra til oppsprekkingar.

For å forstå bakgrunnen for denne prosessen er mikrostrukturen til titandiborid (TiB_2) blitt studert ved hjelp av transmisjons-elektronmikroskopi (TEM) før og etter eksponering i flytande aluminium. Kva typer forureiningar som er tilstades i TiB_2, kor dei kjem ifrå, og innverknaden dei har på inntrenginga av aluminium er undersøkt. Vidare er fukteeigenskapar mellom flytande aluminium og TiB_2 blitt studerte, og den korresponderande grenseflata mellom dei undersøkt med ulike teknikkar, der iblant TEM.

Dette arbeidet har vore ein del av eit større prosjekt om inerte elektrodar til bruk i aluminiumsproduksjon. For fagområdet har arbeidet vist at TEM-relaterte metoder er eit viktig hjelpemiddel. I det vidare arbeidet som framleis pågår, vil difor dette arbeidet vera eit viktig bidrag. På lengre sikt kan det vera store miljø- og energigevinstar å henta ved å erstatta nåverande grafittkatodar med katodar av titandiborid.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk, med professor Ragnvald Høier som hovedfaglærar.

Katrin Nord-Varhaug vart utdanna siv.ing. ved Fakultetet for fysikk og matematikk ved NTH, i 1989.

∞

Nytt fra NFS

FYSIKKPRISER 1995

Simrad Optronics' pris i elektro-optikk

Simrad Optronics A/S gir annet hvert år en fagpris i elektro-optikk. Prisen er på kr. 15.000,–, og deles ut av Norsk Fysisk Selskap. Prisen for 1995, som skal deles ut på Fysikermøtet i Tromsø i juni, gis for et norsk arbeid på fagområdet elektro-optikk eller et arbeid der elektro-optiske metoder er anvendt. Prisen skal gis som belønning for et arbeid som er utført av en eller flere personer innenfor de fem siste år før utdelingen. Både grunnleggende og anvendt forskning kan tilgodeses med prisen.

IBMs fysikkpris i kondenserte fasers fysikk

IBM Norge vil også i 1995 gi kr. 20.000,– til en fagpris i kondenserte fasers fysikk. Prisen vil bli delt ut under Fysikermøtet i Tromsø i juni.

Prisen kan gis til en eller flere norske forskere som har sitt arbeidssted ved, eller i nær tilknytning til norske institusjoner. Prisen gis for forskningsarbeid av høy faglig kvalitet innenfor kondenserte fasers fysikk. Både grunnleggende og anvendt forskning kan tilgodeses. Arbeidet bør være av nyere dato, fortrinnsvis innenfor de siste fem år.

Norsk Fysisk Selskaps undervisningspris

Norsk Fysisk Selskap har med støtte fra Cappelens forlag, NKI-forlaget og Norsk Undervisningsforbund, opprettet et fond hvis avkastning hvert annet år blir brukt til en undervisningspris i fysikk. Prisen, som i 1995 vil være på kr. 15.000,–, vil bli delt ut under Fysikermøtet i Tromsø i juni.

Prisen deles ut til en eller flere som underviser i skolen (grunnskole og videregående skole). Formålet med prisen er å styrke fysikkundervisningen og belønne en innsats av høy faglig kvalitet.

Begrunnede forslag på kvalifiserte kandidater til alle tre priser kan sendes Norsk Fysisk Selskaps sekretariat innen 1. februar 1995.

∞

Returadresse:

Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.

VÆR – KLIMA – MILJØ

Vi utvikler instrumenter for oseanografi og meteorologi fra scratch til avanserte produkter for et internasjonalt marked. Vi krever allsidige ingeniører.

AANDERAA INSTRUMENTS

FANAVEIEN 13B,
5051 BERGEN, NORWAY.
TEL. 05 132500, TLX 40049
TELEFAX + 05 137950

GRAFISK PRODUKSJON OG TRYKK: OSLO SATS, REPRO & MONTASJE A/S

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Visepresident:
Professor Egil Leer,
Inst. f. teor. astrofys., Univ. Oslo.

Styremedlemmer:
Stipendiat Leni Grant,
Nordlysobs., Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Professor Erlend Østgaard,
Fysisk inst., AVH, Univ. Trondheim.

Selskapets sekretær:
Gerd Jarrett,
Fysikkavd., IFE,
Boks 40, 2007 Kjeller.
Tlf.: 63 80 60 75 Fax.: 63 81 09 20
E-mail: gerd@ife.no
Postgiro: 5 88 38 89
Bankgiro: 5102.42.00012

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Professor Øivin Holter,
Professor Finn Ingebretsen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonssekretær:
Overingeniør Karl Måseide,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå,
Inst. f. mat. realfag, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup,
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer,
Inst. f. fys., NTH, Univ. Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. f. teor. astrofys., Univ. Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 28
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22
E-mail:
oivin.holter@fys.uio.no
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0807 5 10 47 24
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig. Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 100. (Studenter kr. 50.) Løssalg kr. 30 pr. nummer.