

ISSN 0030-6703

Populære småskrifter
fra
Tromsø Museum

OTTAR

Nr. 121 - 122

Løssalg kr. 10,—

NORDLYSOBSERVATORIET 50 ÅR



UNIVERSITETET I TROMSØ
1980

OTTAR

Populære småskrifter fra Tromsø Museum.

Nr. 121 - 122

Juni 1980

NORDLYSOBSERVATORIET 50 ÅR

Innhold

	Side:
Fargefotografier av nordlys	I-IV
Forord	3
En hilsen	5
Asgeir Brekke og	
Alf Egeland: «Det historiske nordlys»	8
Egil Leer: «Nordlysets årsak»	22
Ove Havnes: «Nordlys i verdensrommet»	26
Ove Harang: «Nordlys i atmosfæren»	32
Ove Bratteng: «Radiobølgeforplantning i atmosfæren»	38
Olav Holt: »Nordlysobservatoriet gjennom 50 år»	43
Jan-Erik Solheim: «Nordlysobservatoriet idag»	62
Asgeir Brekke: «Internasjonale forpliktelser»	103
Jan Trulsen: «Observatoriet i 80-årene»	107
Observatoriets bestyrere gjennom 50 år	109
Tidligere nr. av OTTAR med artikler fra Nordlysobservatoriet	114

O T T A R

Denne serie er blitt oppkalt etter den nordnorske høvdingen Ottar, som en antar har bodd et sted i Troms. Omkring år 900 foretok Ottar en reise til England og ga herkong Alfred en beretning om Nord-Norge og blandt annet også om en reise langs kystene til Kvitehavet. Denne beretningen ble skrevet ned og føyd inn i kong Alfreds oversettelse av Orosius' verdenshistorie. Den er den første skrevne autentiske beretning her nordfra og derfor et sentralt kilde-skrift for utforskningen av Nord-Norge.

I denne serie har Tromsø Museum siden 1954 lagt frem artikler med emner fra Nord-Norges kultur og natur i en populær form. En del av stoffet vil tidligere ha vært offentliggjort, enten som artikler i dagspressen, eller som foredrag.

Fra 1. januar 1976 er Tromsø Museum innlemmet i Universitetet i Tromsø. OTTAR vil fortsatt komme ut som et tidsskrift for nordnorsk natur og kultur.

Redaksjon:

Redaktør for kulturhistoriske emner: Helge A. Wold

Redaktør for naturhistoriske emner: Jakob J. Møller

Redaksjonssekretær: Dag Solhjell

Billedredaktør: Olga Kvalheim

Omslagsbilde:

Nordlys

Foto: Steinar Berger



Homogen nordlysbue. Denne står i ro og har skarp underkant og er diffus på oversiden.

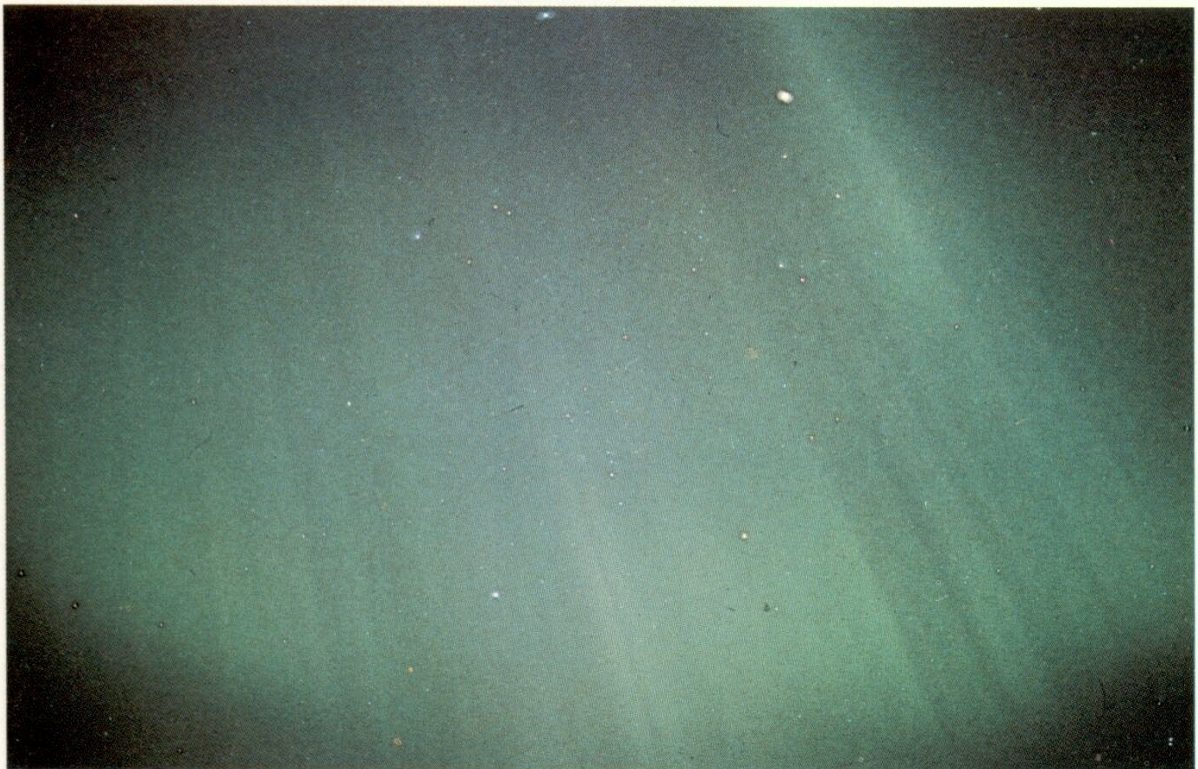
Nordlysbue med strålestruktur

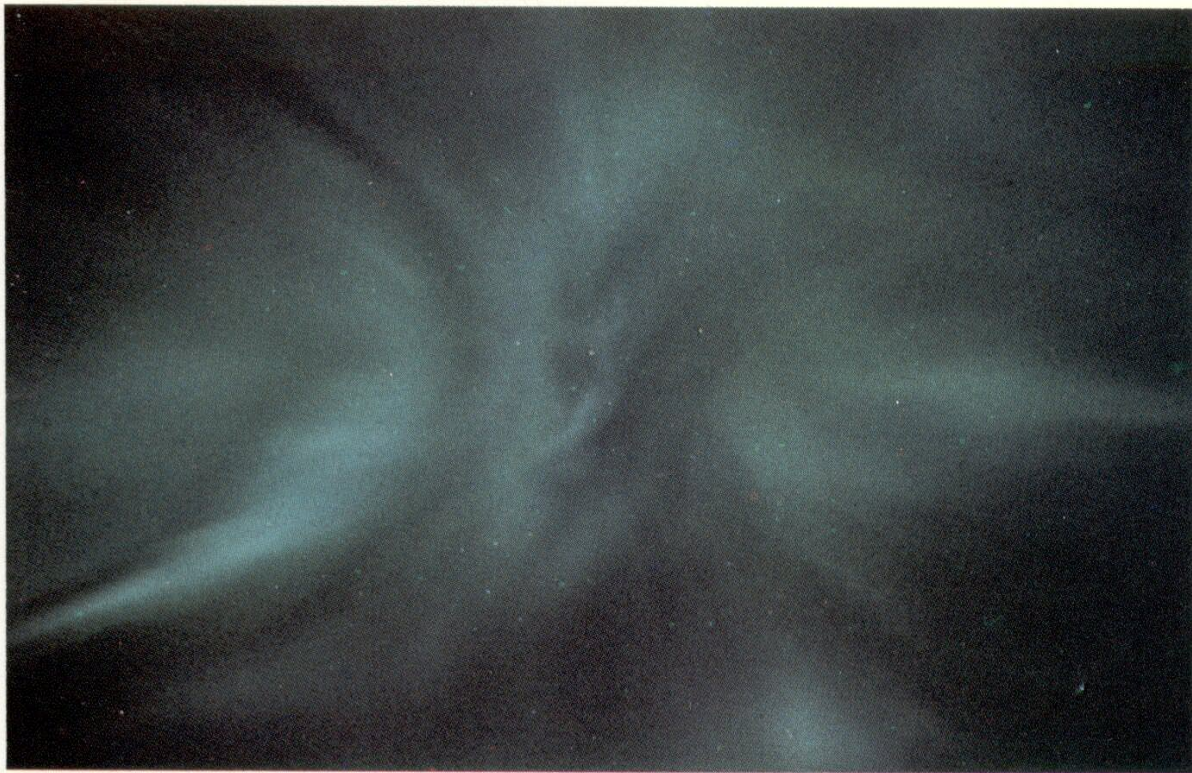




Adskilte nordlysstråler.

Homogent nordlysbånd.





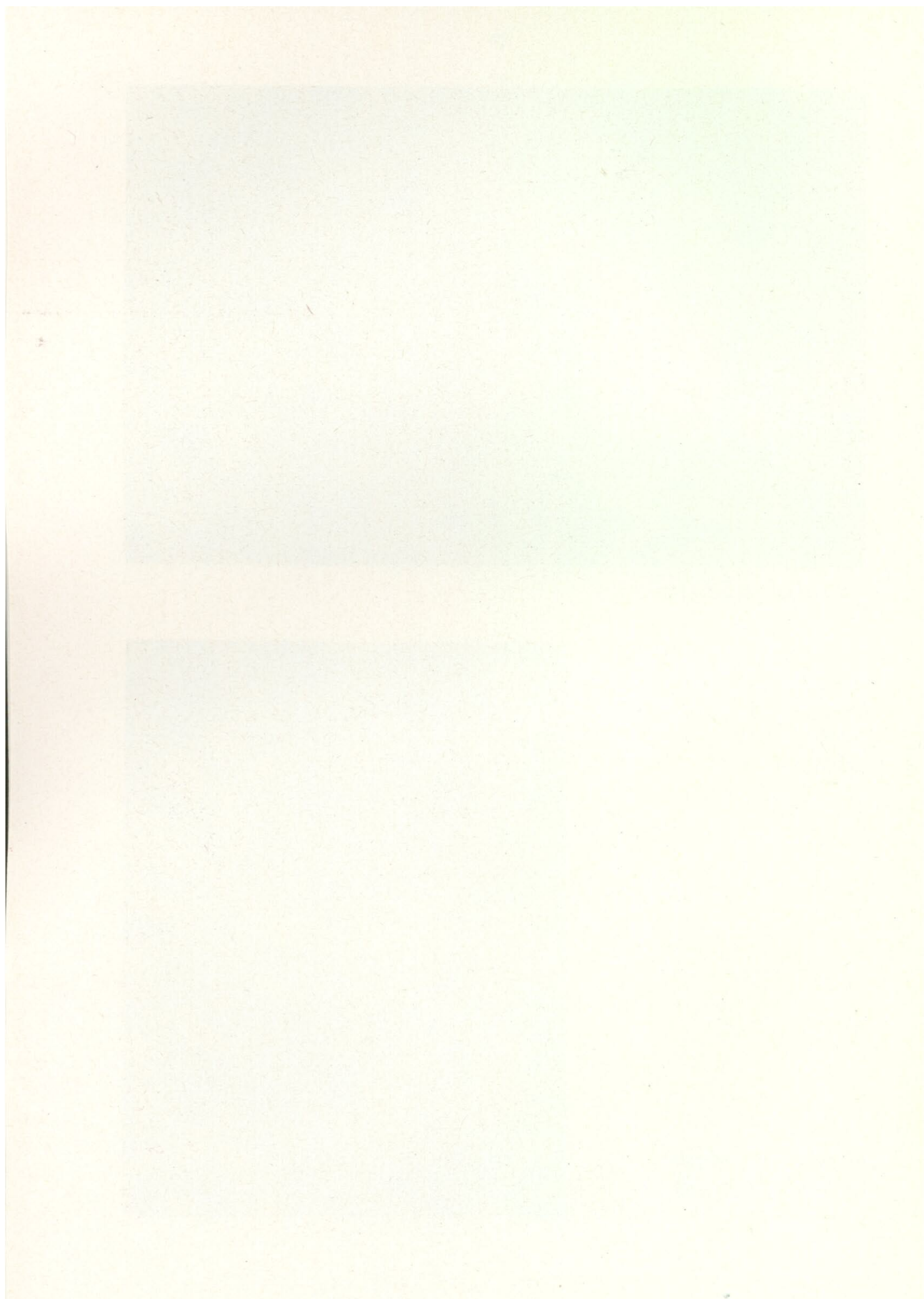
Adskilte nordlysstråler.

Korr. tekst:

Kronenordlys. Vi ser nordlyset som om det kommer ut av et punkt på himmelen.



Blanding av nordlysbånd og buer under kraftig utbrudd.





Nordlys på Svalbard. Det røde nordlyset er her sterkest og ligger over det grønne lyset. Nordlys lenger sør viser som regel det grønne sterkest.

Foto: Kjell Henriksen

FORORD

Nordlysobservatoriet 50 år

Nordlysobservatoriet i Tromsø ble høytidelig innviet 6. august 1930. Et 25-års jubileum ble markert med en tilstelning 30. juli 1955. Ved 25-års jubileet i 1955 ble det utarbeidet et festskrift — men det var ikke penger til å få det trykt. Desto gledeligere er det at vi til 50-års jubileet får anledning til et spesialhefte av OTTAR for å beskrive Nordlysobservatoriets historie og virksomhet, et hefte som er utstyrt med fargebilder.

Dette skriftet er i høy grad et gruppearbeid med bidrag fra en rekke av de ansatte ved Nordlysobservatoriet. Enkelte har fått komme med separate bidrag, mens andres bidrag er skrevet inn i historiekapitlet og kapitlet om Nordlysobservatoriet i dag. Festskriftet er planlagt og satt sammen av en redaksjonskomité bestående av Olav Holt, Asgeir Brekke og Jan-Erik Solheim, med sistnevnte som formann. Komitéen vil takke alle bidragsyterne — og særlig Reidulv Larsen og Steinar Berger som begge har over 30 års tjeneste på observatoriet — og således har kunnet bidra med mye verdifullt stoff. De fleste fotografiene er tatt av Steinar Berger. Liv Larssen har tegnet de fleste av illustrasjonene og renskrevet manuskriptene.

Vi vil med dette takke alle bidragsytere og redaksjonen i OTTAR for at vi får publisere vårt materiale i OTTAR-serien.

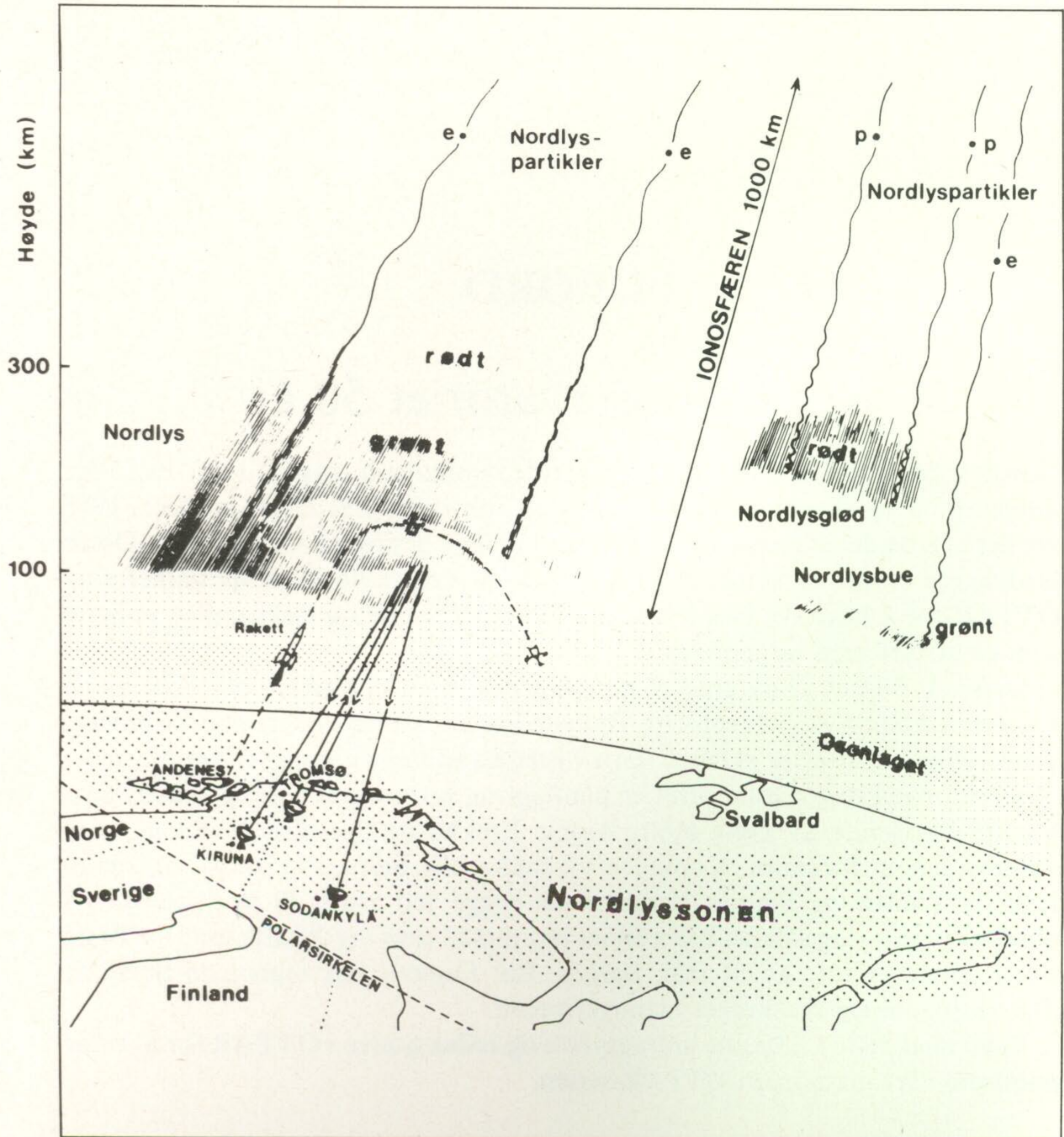
Olav Holt

Asgeir Brekke

Jan-Erik Solheim

OTTAR-abonnentene får denne gang presentert et fyldig og interessant hefte om Nordlysobservatoriets historie og virksomhet gjennom 50 år. Redaksjonen i OTTAR slutter seg til de mange gratulanter i forbindelse med jubileet.

Jakob Møller
redaktør



Nordlysobservatoriets arbeidsområde strekker seg oppover i atmosfæren fra osonlaget som ligger i ca. 23 km høyde til ionosfæren som går til ca. 1000 km høyde og videre oppover til magnetosfæren som strekker seg mange tusen km ut fra jorda. Til utforskning av denne delen av atmosfæren brukes instrumenter på bakken, raketter og satellitter. Siden slik virksomhet ofte krever store investeringer og bruk av mange instrumenter samtidig - er den basert på internasjonalt samarbeide mellom mange nasjoner.

Fra verdensrommet kommer partikler som elektroner (e) og protoner (p). Når disse kolliderer med gass i atmosfæren dannes nordlyset.

En hilsen

Olav Devik (f. 1886) er den eneste gjenlevende geofysiker fra den store blomstringsperioden før Nordlysobservatoriet ble opprettet. Han deltok i arbeidet med planleggingen av de geofysiske institusjoner i Tromsø — og var som ekspedisjonssjef i Kirke- og Undervisningsdepartementet (fra 1938) en god støtte for observatoriet gjennom vanskelige år. I anledning av 50-års jubileet har han sendt denne hilsen:

Nordlysobservatoriet i Tromsø ga avløsning for Haldde-observatoriet når det gjaldt nordlys

Nordlyset betyr langt mer for forskerne enn det å bli fengslet og tryllebundet av et farverikt spill på himmelhvelvet i vinternatten. Selve strålingen fra nordlyset kan fortelle fysikerne like meget som lyset fra stjernene forteller astronomene, takket være først og fremst spektralanalysen. For arbeidet med nordlysspektret var professor Lars Vegard foregangsmann, og han tok initiativet til et nytt nordlysobservatorium som hadde bedre klima og bedre vær for den slags arbeider enn Haldde-observatoriet hadde. Det kunne være tale om Bosekop, men også om Tromsø.

Krogness fant ved statistisk undersøkelse at værforholdene i Tromsø var like gode som i Bosekop, og det avgjorde valget. Etter å ha gjort prøvemålinger i Tromsø, henvendte Vegard seg i 1925 til Rockefeller-stiftelsen om midler til et eget nordlysobservatorium, og han fikk tilsagn om støtte til reisningen, på den betingelse at staten påtok seg driftsutgiftene. Det lyktes å oppnå dette, og de to kommuner Tromsø og Tromsøysund ga fri tomt. Den første bestyrer, cand. real. Leiv Harang, ble ansatt. Byggearbeidene kunne begynne i 1928, og sommeren 1930 fant så den offisielle innvielse sted. Dermed fikk Vegard rik anledning til å studere nordlysspektra, og Harang gjorde grunnleggende studier av andre frekvenser i strålingsfeltet.

Ved 25-års jubileet 30. juli 1955 møtte geofysikere fra våre naboland med våre egne. De måtte få inntrykk av at det var en fruktbar utviklingslinje som var fulgt de forløpne 25 år. Initiativ og tiltak er det som skaper de nye institusjoner,

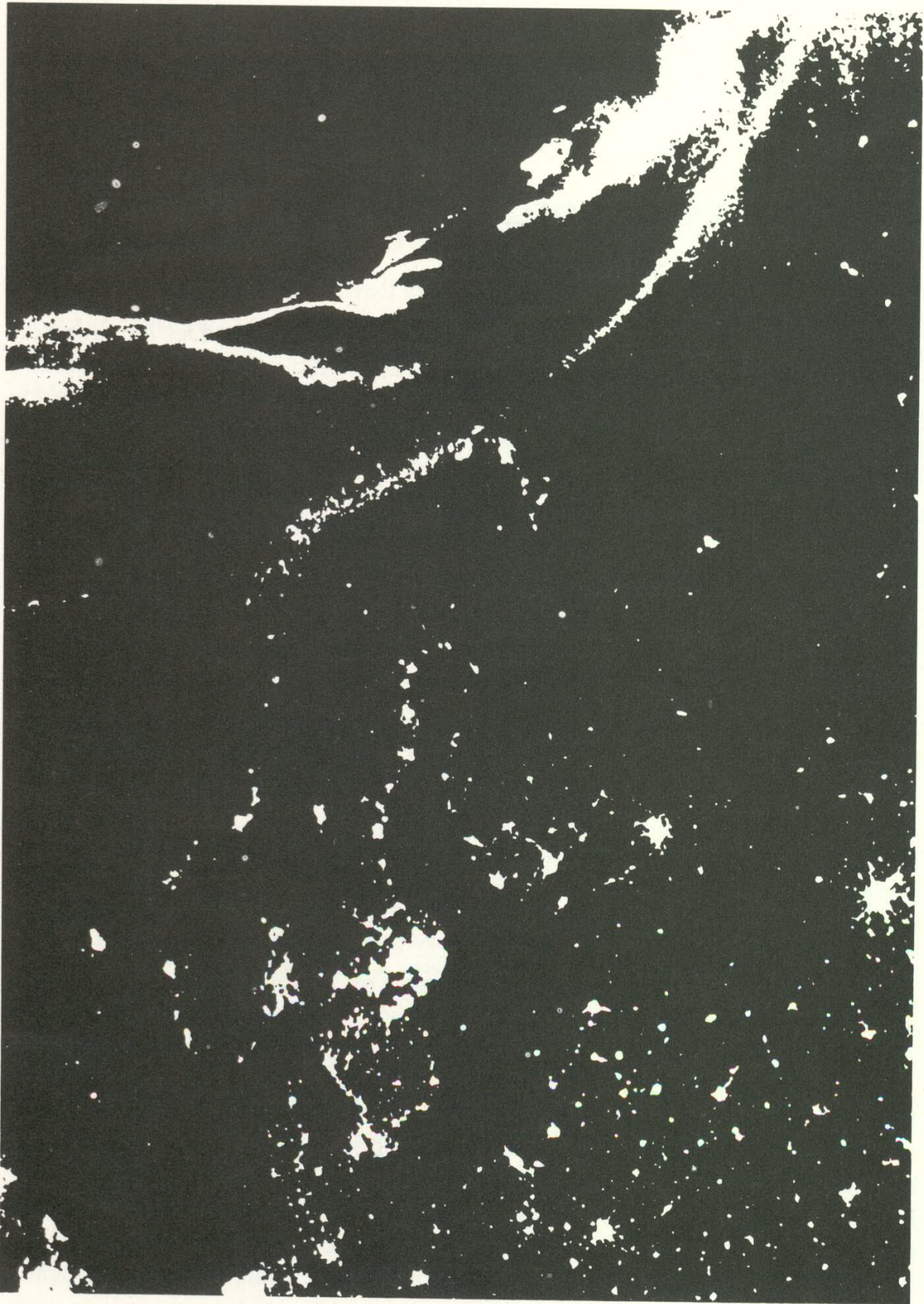
men etter hvert som en ny institusjon finner sin arbeidsform, tiltar behovet for samarbeid med andre institusjoner. Og der ser vi en utviklingslinje som kan føre inn på nye veier med virkninger for hele landet: I Tromsø var veksten av Nordlysobservatoriet og de andre vitenskapelige institusjoner et forvarsel om at universitetstanken ville melde seg med voksende styrke!

Under jubileumsfesten i 1955 understreket lederen av nordlysundersøkelsene i Sverige, professor Ambolt, den internasjonale betydning Nordlysobservatoriet hadde fått. Og så sluttet han med å henge opp en lykkens hestesko (riktignok en av papp) idet han siterte Niels Bohr, som engang ble spurt om hesteskoens lykkebringende evne, og svarte at hestekoer bringer lykke selv om man ikke tror på den! Og Departementets representant kunne uttale at det var sjelden man så andres — og egne — penger så vel anvendt.

Lykke til i den kommende periode!

12. februar 1980

Olaf Devik



Nordlys fotografert fra satellitt. Vi ser en tynn nordlysbue over kysten av Troms og Finnmark. Lengre ute i havet en mye kraftigere bue med komplisert struktur. Sammenlign lyset fra nordlyset med lys fra de store befolkningsentra. Legg merke til lyset fra olje- og gassfeltene i Nordsjøen.

Det historiske nordlys*

av Asgeir Brekke og Alv Egeland

Nordlyset har vært omgitt av både mystikk og beundring. Det har inspirert kunstnere til betagende kunstverk og skremt andre til fortvilelse. Det er umulig å fastslå når den første beskrivelsen av nordlys har funnet sted. I det følgende kapitlet skal vi gå historiens vei og presentere noen inntrykk av de tidligste forestillingene om fenomenet, slike som en kan finne spor av i den muntlige tradisjon, videre vil vi følge utviklingen gjennom middelalderen og opplysnings-tiden og avslutte med de store landevinninger ved begynnelsen av dette århundre.

Tidlige beskrivelser av nordlys

Det har vært hevdet at nordlyset er omtalt flere steder i Det Gamle testamentet, her skal nevnes et sitat fra Esekiel som kan være et eksempel på dette:

«I et syn fikk jeg se et stormvær som kom fra nord, en stor sky med flammende ild... Jeg så noe som lignet skinnende metall, det var som ild med en ring av lys omkring.»

Dette er ikke noen dårlig, poetisk beskrivelse av et nordlysutbrudd, men noe bevis for at Esekiel for mer enn 2500 år siden virkelig så dette fenomenet, kan vi aldri få.

Det var sannsynligvis Aristoteles (500-428) som først gav de ulike nordlysformene navn som fakler, bjelker, runde kar eller tønner og veldige sluk eller virvlende svelg (chasmata). Det mest bemerkelsesverdige navn som Aristoteles benyttet var «geiter» eller «hoppende geiter». Det kan være vanskelig å forstå hvordan Aristoteles har fått en slik assosiasjon ved å betrakte nordlysene, men det må ha hatt sammenheng med at nordlysene har strukket seg som bukkehorn-lignende lysninger på horisonten i nord. I alle fall har «hoppende

*) Deler av dette kapitlet er hentet fra boken «Nordlyset» av Asgeir Brekke og Alv Egeland, Grøndahl & Søn A/S 1979.

geiter» vært et navn på nordlys i historisk tid, og en gammel illustrasjon fra 1575 viser dette med all tydelighet.

Kinesiske annaler fra tidsrommet mellom år 100 og år 1000 inneholder mange omtaler av nordlys. I tilsvarende gamle japanske skrifter er nordlyset omtalt som «himmelens hunder».

De første norske beskrivelser av nordlyset

Det har vært hevdet at nordlyset er omtalt i «Edda», og at nordlyset ifølge den norrøne mytologi var reflekser fra Valkyrienes skjold. Spesielt er det de som har ment at den vakre Gerd Gymsdatter som Frøy ble så forelsket i, skal ha vært nordlys. I denne sammenheng ligger det også nær å nevne Sophus Bugges teori om navnet Hålogalands opprinnelse. Han hevdet i Historisk Tidsskrift av 1871 at Hålogaland kommer av det gammelnorske Há-loga eller høy lue, altså «landet hvor de høie flammer blusse» eller landet under nordlyset. Ifølge Halvdan Koht i Håløygminne av 1920 skal imidlertid Bugge senere ha gått fra denne forklaringen.

Hvorvidt nordlyset er nevnt i «Edda» eller Hålogaland skal ha noe med nordlyset å gjøre, vil vi vel aldri få noen endelig svar på.

Ordet «nordlys» eller «nordurljos» nevnes for første gang i «Kongespeilet» fra ca. 1230 år etter Kristus, og her står det følgende:

«Den naturen og håtten er det med nordlyset at det er alltid så mykje lysare som natta i seg sjølv er mørkare, og det syner seg alltid om natta, men aldri om dagen, og oftast i kolmørker, men sjeldan i måneskinn, og det er såleis å sjå til som ein ser ein stor loge av ein svær eld langt unna. Det ser ut liksom det fra denne skyt kvasse oddar opp i lufta, ulike på høgd og mykje urolege, så at snart kjem den eine høgst og snart den andre, og alt dette lyset skifter såleis at det er som ein blakrande loge å sjå til. Men medan desse strålane er på det høgste og bjartaste, då står det så mykje lys av dei at folk som er ute, kan godt fare sine vegar, og likeeins gå på veiding om dei treng det. Og om folk sit inne i husa sine, og skjåen ligg over ljoren, så er det så lyst inne at alle som er i huset, kjenner kvarandre.»

Når en vet hvilken skrekk og forferdelse nordlysene var omgitt med, er det morsomt å lese denne nøkterne beskrivelsen av nordlys.

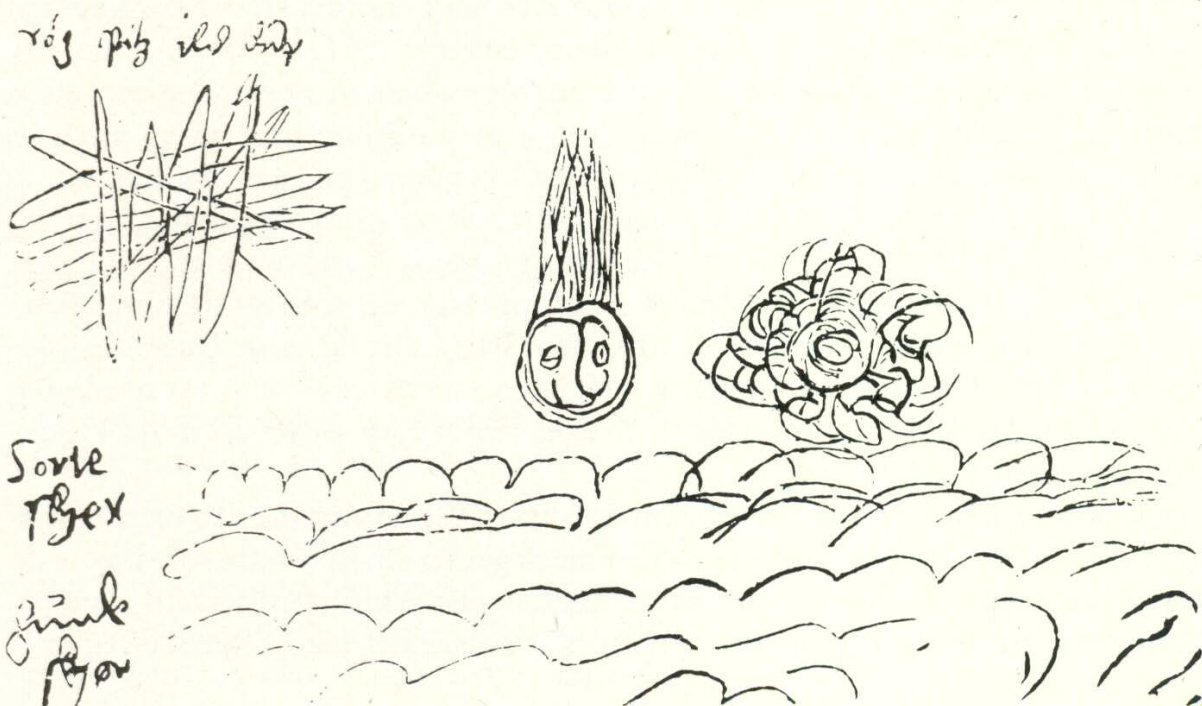
Selv om forfatteren av «Kongespeilet» synes å ha vært mer opptatt av nordlysets praktiske nytte enn dets prognostiske evne, var det likevel mange, både nordmenn og utlendinger, som søkte trøst i høyere makter under nordlysutbrudd. En mann som Luther skal ha sitert Paulus på følgende måte i 1525 da han var vitne til et nordlys:

«Iklæ eder Guds fulle rustning, så I kan stå
Eder mot djevelens listige angrep. Ja vi har
ikke kamp mot blod og kjød, men mot makter,
mot myndigheter, mot verdens herre i dette
mørke, mot ondskapens åndehær i himmelrummet».
Efes. 6, 11-12.

Utallige er de fantastiske beretninger om nordlyset som et fryktinngytende himmelskue, og i 1582 ble det observert et ufyselig nordlys som ifølge folketroen var et forvarsel om den store brannen i Bergen i dette året. I 1540 ble det sett et underlig himmelsyn over Hamburg, deretter fulgte en sykdom som mange døde av. Da Gustav Adolf av Sverige rustet til krig mot Polen i 1629, så innbyggerne i Danzig et sjøslag i luften. I Meissen i Tyskland såes samme år to krigshærer som sloss i luften. De var så lett kjennelige fra skyene at en kunne se deres ansikter og mundur, og den største arméen tapte.



Det hersket mange forestillinger om nordlyset i mellomalderen. Her gjengis det et flyveblad fra 1681 som forestiller et nordlys som ble observert over byen Pressburg, Ungarn den 10. februar. Tegneren har forestilt seg nordlyset som bestående av en krigerhær, et fabeldyr og brennende borger omkranset av mørke, truende skyer, sikkert et varsel om en kommende ulykke.



Den første norske tegning av et nordlys ble trolig laget av Absalon Pederssøn Beyer (1528-75) en gang i begynnelsen av 1560-tallet. Om noen skulle være i tvil, er det krusedullen opp i venstre hjørne som er nordlyset.

Folketro og overtro om nordlys

I kulturene rundt de arktiske strøk finnes det spor av ulike forestillinger om nordlyset, dets årsak og virkning. På Vestlandet har den tro levd helt opp til vårt århundre at nordlyset er «gamle tausekjerringer» som danser og vifter med hvite votter. En trodde faktisk at eldre, ugifte kvinner ville komme til nordlyset etter sin død. «Ho er så gamal ho kjem snart i verlyset» (nordlyset) var et kjent ordtak på Vestlandet, når en omtalte eldre ugifte kvinner på en lite smigrende måte.

I Finland kan en finne lignenede forestillinger om nordlyset, hvilket fremgår av følgende sitat: «Kvinnene i Norden svever omkring», eller «De gamle kjerringene fra Pohjanmaa svever på Konnunsuo». Konnunsuo var det stedet hvor jomfruer holdt til etter døden. Det synes å ha vært en alminnelig tro over store deler av Norden at jomfruer har hatt noe med nordlyset å gjøre. I Kangasniemi, Finland, ble det rett og slett sagt om nordlyset at: «De gamle jomfruer lager varme».

At nordlyset kunne være en form for varme var en vanlig mening. Eksempler på at våre forfedre også mente det, har en flere av i Norden. I Danmark og

Sverige mente en at nordlyset var ildsprutende berg i nord, satt der av Skaperen til å lyse og varme i de mørke og kalde landsdeler.

I Sverige var det også de som mente at nordlyset kom av at samene lette etter rein med lysende fakler. En forestilling om at nordlyset kom av at englene kriget mot hverandre med lysende tyrifliser i hendene, er kjent fra finland.

I Norge og Sverige var det en vanlig tro at nordlyset var refleksjoner fra store silde- eller fiskestimer i havet. Når silden svømte i vannoverflaten, ville den kaste et lysskinn opp mot skyene slik at en oppfattet det som lys fra himmelen.

For færøyingene var nordlyset en trusel for barnas liv og helse. De måtte ikke gå ut uten lue, for da kunne nordlyset slå ned og svi håret av dem. At nordlyset kunne svi håret av en, var også kjent i Sverige, for her ble en advart mot å klippe seg under nordlysflammer.

Samene i Finnmark var redde for at nordlyset kunne komme ned og ta barna eller drepe dem. Herfra stammer en gammel legende om to brødre som kjørte ut for å skille rein. En kveld etter at de hadde spist, kom nordlyset til syne på himmelen, og den yngste broren ga seg til å spotte det med følgende regle:

Nordlyset løper lip, lip, lip
med fett i munnen, lip, lip, lip
med hammer i pannen lip, lip, lip,
med øks i ryggen lip, lip, lip.

(Ordet «lip» synes å være en forkortelse for «lipuhit» som betyr å flagre.)

Den eldste broren forbød dette, men da fortsatte den yngste bare enda ivrigere. Nordlyset begynte så å vifte forferdelig sterkt, slik at det smalt i snøen som om en dasket med et hardt skinn. Til slutt slo nordlyset den yngste gutten ihjel.

I Troms-distriktet skal en ha ment at om noen ga seg til å le av nordlyset, ville en bli lam, «thi da lo man af den Almæktiges Kraft».

Over store deler av landet var det en alminnelig oppfatning at nordlyset var et hevngjerrig vesen som drepte den som ertet det. En måte å erte det på var å vifte med et hvitt klede, og i Salten levde folk i den tro at om en viftet til nordlyset ville det komme ned til jorden og forårsake ødeleggelser og ulykker.

En annen velkjent tradisjon både i Syd- og Nord-Norge var redselen for å plystre til nordlyset. Gjorde en det i Bardu, ville en bli lam, og i Gudbrandsdalen ville nordlyset «skape seg galt».

Frykten for å plystre til dette livfulle naturfenomen har utvilsomt sammenhengt med tradisjoner i andre nordlige kulturer hvor en mente at de døde holdt bolig i nordlyset, og at en kunne kontakte disse ved å plystre. Men i motsetning til forholdene hos eskimoene, hvor en like til våre dager på denne måten har benyttet nordlyset som en kontaktformidler mellom liv og død, er den mytologiske rammen blitt borte hos oss. Det eneste som er igjen er en frykt kanskje for å holde ap med de døde, når alt kommer til alt.

De første nordlysteorier

De greske filosofer var trolig de første som gjorde seg noen spekulasjoner om hvordan nordlyset ble dannet, og for dem var fenomenet et slags ufullstendig lyn. Aristoteles mente at nordlyset, som mange andre himmellysninger, kom av at tørre damper steg opp av jorden og ble antent av ild som var det letteste element og som fylte de øverste sfærer.

Vikingene hadde sine egne teorier om nordlyset, og disse er gjengitt i «Kongespeilet»:

«Dei menn som har tenkt over og tala om desse ting, har gissa på tre årsaker, og meint at ei av dei måtte vere den rette. Somme seier at det ringar seg eld omkring hava og alle dei vatna som strøymer om jordkula på yttersida. Med di Grønland ligg på den ytste kanten av verda i nord, så kan det godt vere, seier dei, at det lyset skin av den elden som er ringa omkring dei ytste hava. Somme har óg tala om det at i den tida då sola er under jordkula i laupet sitt om natta, så kunne nokre blenkar av strålane hennar nå opp på himmelen; for Grønland ligg så utarleg på denne sida av verda, seier dei, at den bakkerundingen på jordkloten som kjem i vegen for solskinet, må der vere mindre.

Det er óg somme som meiner det — og det synest heller ikke vere det mest urimelege — at isen og frosten dreg så mykje makt til seg at dette lyset strålar av det. Ikkje veit eg fleire ting som dei har gissa på om denne saka enn desse tre som vi og har tala om, og ingen av dei dømmar eg å vere rett, men den som vi sist tala om, synest meg ikkje vere urimelegast».

Vikingene mente at en av nordlysets kilder var å finne i isen, og dette var vel ikke så urimelig da nordlyset vanligvis var synlig i nord der hvor isen og frosten dominerte landskapet. Tanken om at nordlyset var reflekterte solstråler ble tatt opp igjen av flere skribenter helt frem til slutten av 1700-tallet. I Norge var det Kristiansandsbispens Jens Christian Spidberg (1684-1762) som først og fremst forsvarte denne ideen i sin avhandling om nordlyset i 1724.

Norderhov-presten Jonas Ramus (1649-1718) diskuterte også nordlysets opphav i sin bok «Norriges Beskrivelse» fra 1715. Han mente at nordlyset ikke

kunne være refleksjoner fra sol- eller månelys, men knyttet det i stedet til en underjordisk varme ved Grønland. Ryktene om denne varmen var sterk på Ramus' tid idet en mente at det var denne som hindret havet i å fryse ved Grønland om vinteren og som skaffet jorden nok varme til at gresset kunne gro på de kanter av jorden. Dersom denne varmen skulle finnes, måtte det være en ljore eller åpning i fjellet hvor både røken og varmen fikk luft. Som indikasjon på at et slikt hull virkelig fantes, nevnte Ramus det forhold at magneten alltid peker mot nord. Dette måtte bety at det under Nordpolen finnes fjell som inneholder jern.

Ramus' spekulasjoner bar tydelig preg av samtidige forestillinger om magnetiske krefter. Til tross for sin teori uttrykte Ramus tvil om at nordlyset kunne ha sin årsak i ildspyende berg idet nordlysets raske bevegelser vanskelig kan forenes med slike.

Selv om Ramus vel kan sies å ha vært den første til å forbinde nordlyset med jordmagnetismen, var hans beskjedne kunnskaper i fysikk utilstrekkelige til å øyne en mer direkte tilknytning. Det skulle den kjente engelske astronomen Sir Edmund Halley (1656-1742) komme til å oppdage allerede den 6. mars i 1716 da han for første gang i sitt liv så et nordlys i London. Dette synet ledet han til å tro at nordlyset ble dannet av en magnetisk materie. Ved å beskrive et eksperiment hvor en plasserer en magnetisert kule på en plate overstrødd med jernfilspon anskueliggjorde Halley hvordan den magnetiske materie snor seg rundt magneten og gjennomtrenger denne i større mengder ved polene enn ved ekvator. Han mente at denne flyktige materie som av og til strømmet ut av magneten kunne danne nordlys.

I 1733 kom det i Paris ut en bok med tittelen «*Traité Physique et Historique de l'Aurore Boréale*». Boken var skrevet av franskmannen de Mairan (1678-1771), og ble inspirert av et nordlys som den 19. oktober i 1726 ble observert fra Paris. de Mairan fremkastet i denne boken en teori om at nordlyset skyldes zodiakallyset, det svake lysskjæret som strekker seg fra solen langs ekliptikken.* Zodiakallyset er gulaktig og oppstår når sollyset reflekteres fra en sky av partikler som befinner seg mellom planetene, konsentrert i ekliptikkens plan.

de Mairans tanke om at nordlyset er knyttet til vekselvirkninger mellom solens og jordens atmosfære representerte et viktig skritt i retning av en bedre forståelse av fenomenet.

Mange var skeptisk til de Mairan's teori — spesielt fordi han mente det forekom i en høyde på 800 kilometer over bakken. Var dette tilfelle måtte de fleste nordlys som ble sett over Norge også kunne observeres fra Frankrike, men dette syntes ikke å være tilfelle. En av de mest markante motstandere av de Mairan var sjøkaptein Johan Heitman (1664-1749) fra Rana, som skrev boken «*Physiske Betænkninger over Solens Varme, Luftens Skarpe Kuld og Nordlyset*».

* Ekliptikken er den bane på himmelen solen beveger seg i sett fra jorden.

JOHAN HEITMANS
Physiske
Betrænkninger,

Over

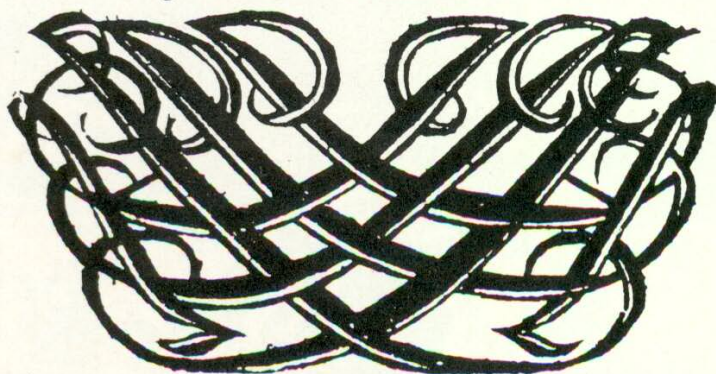
Solens Varme,
Luftens skarpe Kuld

Da

Nord-Lyset,

Sil Trykken befodret af Aucto-
ris Søn,

JOHAN HEITMAN.



Å J O B E N S A B N 1741,
Trykt i Hans Kongel. Maysts. og Univer-
sitets Bogtrykkerie, af Johan Jørgen Høpffner,
og findes sammesteds tilkøbt.

Førstesiden til kaptein Johan Heitmans «Physiske Betænkninger over Solens Varme, Luftens Skarpe Kuld og Nordlyset» fra 1741. Heitmann tillot seg å gå til rette med Newton, noe som vakte beundring hos Ludvig Holberg, men forargelse hos andre.

I sin bok lanserte han en teori om at nordlyset kommer fra salpeteraktige damper i de høyeste luftlag, dvs. mellom 10 og 20 km. Disse blir satt i bevegelse av de sterke, kalde vindene i de polare strøk. Omlag som morild dannes når saltvannet settes i bevegelse, oppstår nordlyset ved bevegelsen i luften. Variasjonen i salpeterinnholdet i luften fører til at nordlyset opptrer periodevis. I kalde vintre, mente Heitman, ville nordlyset være minst hyppig, for da blir luften tyngre og synker ned slik at vindene ikke når opp til de svovelaktige dampene.

Den tidligere nevnte Kristiansands-bispen Spidberg forholdt seg også skeptisk til de Mairans teorier, og i et brev til biskop Erich Pontoppidan i Bergen i 1750 skrev han følgende: «Havde Monsr. de Mairan havt nogle accurate Observationer om Nordlyset fra Norge, kunde man ventet at hans vakre «*Traité Physique de l'Aurore Boreale*» kunde blevet mere fuldkomment og decisif; *thi Norge, og i særdeleshed Trondhiems Stift, er Nordlysets Fædreneland*».

Bergens-bispen Erich Pontoppidan (1698-1764) førte tradisjonen videre blant de norske geistlige ved å omtale nordlyset i sitt store verk «*Det Første Forsøg paa Norges Naturlige Historie*» (1751-53). Pontoppidan mente at nordlyset var et elektrisk fenomen, og her gjengis et utdrag av boken som viser hvordan han forklarte dette.

«Det imod Polen eller Globi Axe observerede Nord-Lys torde ey allene have sin Oprindelse af Æthere, men ogsaa være Æther selv, som i sin Samling viger for den indtrængende fugtige Luft, flyver op, og bliver saa got som svømmende oven paa Skyerne, hvis Bevægelse ogsaa gjør det ustadigt. Saa lenge som Luften er tør, enten om Vinteren ved skarp frost, eller om Sommeren ved Heede, da sees aldrig noget Nord-Lys. Men gaaer det hen imod Veyrskifte, saa at enten Tøe-Veyr efter haard Frost, eller og Regn efter stor Heede vil infinde sig, og sender nogle af sine fugtige Effluvia for i Veyen, da sees Nord-Lyset som en vis Spaamand om Forandring;...

...Saa maa Nord-Lys meest sees mod Polerne, efterdi det er der nærmest ved den omdreyende Axe, følgerig i hastigere Bevægelse, item efterdi Luften mod Polerne er langt tungere, og trykker stærkere, saasom den der stødes tilbage med mindre heftighed end som midt paa Globo, hvor Vis centrifuga støder directe og lige ut fra sig».

Det første Forsøg
paa
Norges Naturlige Historie,

forestillende
Dette Kongeriges Luft, Grund, Fjælde, Bunde, Bæxter,
Metaller, Mineralier, Steen-Arter, Dyr, Fugle,
Fiske og omsider Indbyggernes Naturel, samt
Sædvaner og Levemaade.

Dplyst med Kobberstøkker.

Den viise og almægtige Gtaber til Vre, saavel som hans
fornuftige Creature til videre Estertankes Anledning,

af
ERICH PONTOPPIDAN Dr.

Episc. Bergens-Membr. Reg. Societ. Scient. Hafslens.



K i ø b e n h a v n, 1752.

Trykt i de Berlingske Arvingers Bogtrykkerie, ved Ludolph Henrich Lillie.

Førstesiden til biskop Erich Pontoppidans bok «Det Forsøg paa Norges Naturlige Historie» fra 1752 hvor han hevder at nordlyset må være et elektrisk fenomen.

De første systematiske observasjoner av nordlys

Det var den svenske vitenskapsmannen Anders Celsius (1701-1744) som først innså betydningen av systematiske observasjoner av nordlyset. Han skrev i 1733 avhandlingen som oversatt har tittelen «316 observasjoner av nordlys fra år 1716 til år 1732 foretatt i Sverige», som vakte oppsikt over hele Europa.

Celsius tok her til orde for at hans samtidige lærde som ønsket å komme sannheten om naturfenomenene nærmere, burde la spekulasjonene fare og heller anstrenge seg for å gjøre nøyaktige observasjoner og nedtegnelser. Først når nordlyset blir iaktatt av mange observatører samtidig på forskjellige steder, kan en ha håp om å oppnå data som kan bringe kunnskapen om fenomenet et skritt lengre frem. Hans liste over observasjoner er et eksempel på en slik anstrengelse.

Celsius hadde fått tak i en magnetnål som han overgav til sin nære medarbeider og svoger Olaf Peter Hiorter (1696-1750). Nålen plasserte Hiorter på et bord i sitt værelse og bevoktet den dag og natt, time for time. I et helt år fra den 19. januar i 1741 til den 19. januar i 1742 tok han tilsammen 6638 timeavlesinger av nålens stilling (året har 8760 timer).

I sin avhandling uttrykket han seg på følgende måte når han beskrev hvordan han oppdaget at magnetnålen beveget seg under nordlysutbrudd:

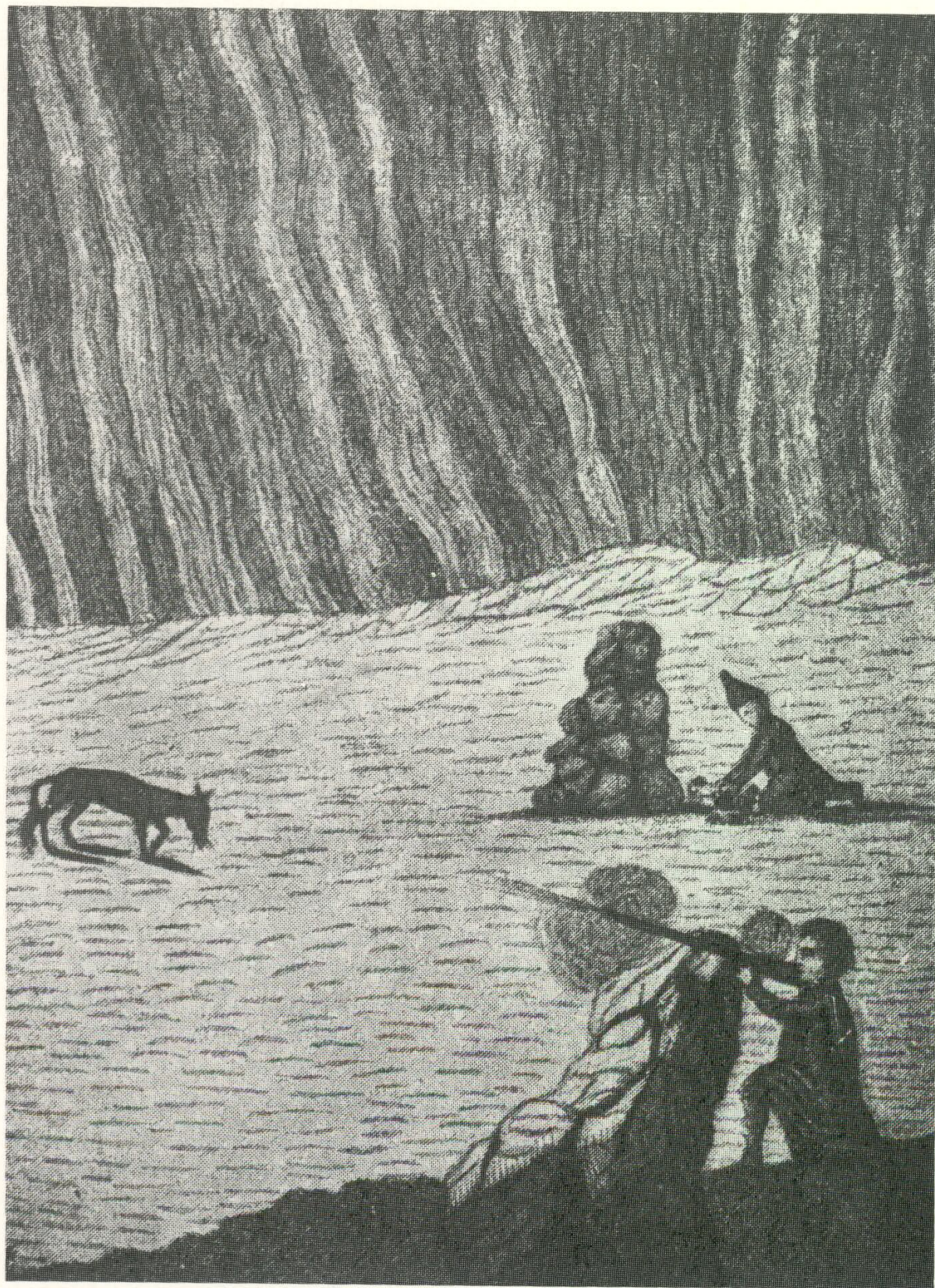
«Men, hvem hadde vel kunnet forestille seg at nordlyset hadde noen sammenheng og forbindelse med magneten —».

Den betydeligste nordlysobservatør i Norge i det 18. århundre var sognepresten i Ørlandet prestegjeld, Lars Barhow (1707-1754). I 1751 utgav han en avhandling på tysk med tittelen «Richtig angestellte und aufrichtig mitgeteilte Observationes vom Nordlicht». I denne summerte han sin mening om nordlyset i følgende punkter (fritt oversatt):

Det er ikke en materie som brenner av seg selv.
Det består ikke av en fosforisk eller elektrisk materie.
Det er vannaktige damper i luften som får sitt lys annensteds fra.
Dette lyset kommer ikke fra solen, månen eller stjernene.
De damper som nordlyset består av, får sitt lys fra isen som finnes omkring nordpolen.

Barhow gjorde også et hederlig forsøk på å klassifisere de ulike typer nordlys, og han lagde noe som kan kalles det første nordlysatlas.

Svensken Torbern Bergmann (1735-1784) publiserte en avhandling i Kungl. Vetenskaps Academiens Handlingar for 1764 hvor han la fram sine resultater av målinger av nordlysets høyde. Hans konklusjon var at nordlyset kan forekomme mellom 380 og 1300 km over bakken. Dette viser at nordlyset alltid opptrer over skyene. Siden nordlyset befinner seg i slike høyder hvor det er så tynn luft, hevdet han at lyd umulig kan forplante seg fra nordlyset til bakken. Av samme grunn betvilte han også at nordlyset kan ha noen sammenheng med været.



Et bilde av Knud Leem's «Beskrivelse over Finnmarkens Lapper» fra 1767. Dette er sannsynligvis den første nordlysskisse fra Nord-Norge. Skissen illustrerer påstanden i Kongespeilet om at en kunne gå på jakt i nordlysskinn.

Nordlysets tilknytning til magnetfeltet

I 1777 la svensken Johan Carl Wilcke (1732-1796) frem sine resultater av undersøkelser vedrørende nordlysets sammenheng med jordens magnetfelt. Han la spesielt merke til at når nordlyset dannet den karakteristiske kroneformen nesten rett opp i senit, var senteret for kronene å finne i samme retning som magnetfeltet pekte. Wilcke var klar over at kronenordlyset er et perspektivfenomen, idet alle strålene som synes å strekke seg mot ett senter i virkeligheten er parallelle. Wilcke kunne derfor slutte: «Nordlysene strekker seg oppover i den samme retningen som den magnetkraften tvinger inklinasjonsnålen å stille seg».

Dette var et avgjørende bevis for at nordlysene ikke bare var påvirket av jordens magnetfelt, men faktisk også var orientert langs de magnetiske kraftlinjer.

Nordmannen Christopher Hansteen (1784-1873) fortsatte langs de samme baner som Hiorter og Wilcke. Han studerte sammenhengen mellom variasjoner i jordmagnetismen og nordlyset, og fant at den horisontale komponenten av magnetfeltet økte før et nordlys, og at den avtok så snart nordlyset kom til syne.

Hans mest betydningsfulle bidrag i denne sammenheng var likevel at han påviste at det høyeste punkt på en nordlysbue vanligvis ligger nær den magnetiske nord-syd linjen på observasjonsstedet. Hansteen forklarte dette ved at nordlyset danner en ring rundt den magnetiske pol i en betydelig høyde rundt jorden. Oppdagelsen knyttet uomtvistelig nordlyset til jordens magnetfelt, og gjorde det klart at enhver teori som skulle forklare fenomenet måtte ta magnetfeltet med som en viktig faktor i de fysikalske prosesser.

I 1826 kunngjorde H. C. Ørsted en «Oversigt over det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger og dets Medlemmers Arbeider». Her gjorde han oppmerksom på at de magnetiske variasjoner i nærheten av nordlysbuer kunne forklares ved elektriske utladninger langs buene. Herved berørte Ørsted med noen få ord det som nå kalles nordlysets elektrojet, eller den elektriske strøm som flyter i den øvre atmosfæren i forbindelse med nordlys.

Nordlysforskningen i det 19. århundre

En nordisk fysiker som brakte den eksperimentelle fysikk opp til det beste internasjonale nivå, var Anders Jonas Ångström (1814-1874). En var klar over at lyset fra glødende gasser er sammensatt av skarpe linjer og bånd som er adskilt ved mørke områder. Antall, posisjon og lysstyrke av de forskjellige linjer er avhengig av gassenes kjemiske sammensetning. Med kjennskap til disse grunnleggende spektroskopiske forhold studerte Ångström nordlyset. Han så et spektrum av linjer, og kunne derfor fastslå at nordlyset var en lysende gass. Dette var et avgjørende bevis for at nordlyset ikke kunne være reflekterte eller brutte solstråler, slik som tilfellet er for regnbuer og haloer. Nordlyset måtte

derfor være et selvlysende fenomen. Den dominerende linje som Ångström observerte i sitt spektroskop, var gulgrønn av farve, og han fastslo dens bølgelengde til 5567 lengdeenheter*).

I Finland var det professor Karl Selim Lemström (1838-1904) som startet nordlysforskningen, og foretok reiser til Lappland hvor han flittig benyttet sitt spektroskop. Han mente at nordlysets spektrum besto av 12 linjer som trolig falt sammen med linjer i atmosfærens gasser. Den grønne linjens bølgelengde målte han til 5569 Ångströmske lengdeenheter. Bølgelengden var svært nær en tilsvarende som Lemström observerte når han lot elektrisk strøm gå gjennom en beholder av fortynnet luft.

Lemström mente at nordlyset var et utladningsfenomen på lik linje med lynet. Han trodde at de elektriske utladninger i atmosfæren var av to typer, en hurtig og en langsom. Til de raske hørte lyn og kornino, mens nordlyset hørte til den langsomme typen, til forskjell fra lyn kunne nordlyset også forekomme uten skyer.

Dansken Sophus Tromholt (1851-1896) var den første store nordlysoptimalisator. I det første Internasjonale Polaråret (1882-83) var han ansvarlig for den ene at de to norske nordlysstasjonene i Finnmark (Kautokeino).

Tromholt var særlig opptatt av nordlysforekomsten i sammenheng med den 11-årige solflekkperioden. På hans tid var for første gang det statistiske materialet stort nok til at en kunne trekke sikre konklusjoner. Av Tromholts resultat fremgår det at nordlyset forekommer hyppigere i Norge i perioder med høy enn lav solflekaktivitet.

Da Tromholt hadde påvist sammenhengen mellom nordlysforekomsten og solflekperioden fikk den kosmiske teori ny vind i seilene. I Norden var det først og fremst dansken Adam Frederik Wivet Paulsen (1833-1907) som gikk i spissen for den. I en artikkel om «Nordlysets Straalingsteori» fra 1896 uttaler Paulsen følgende: «Jeg mener nu at kunne paavise, at en Opfattelse af Nordlyset som et Fænomen, der er dannet ved en Absorption af Katodestraaler**), vil kunne forklare os Nordlysets Udseende, dets Forhold til Jordmagnetismen og de forskjellige Perioder i Fænomenets Intensitet».

Paulsen mente at de høyeste områder av atmosfæren var omgitt av et lag med overskudd av negativ elektrisitet (elektroner). Overskuddet ble opprettholdt med stadig tilstrømning fra solen. Katodestrålene ville bevege seg fra dette laget mot jorden, men på grunn av magnetfeltets innflytelse ville strålene kunne trenge lengst ned i atmosfæren ved de høyeste breddegrader. Bare i disse områder kunne en derfor se strukturerte nordlysformer som buer og stråler.

Tromholt og Paulsen hadde med sine arbeider lagt grunnlaget for det store gjennombrudd i nordlysforskningen som ble foretatt av nordmennene Birke-land og Størmer og som førte til opprettelsen av Nordlysobservatoriet. Dette skal vi komme tilbake til i et senere kapittel.

*) Denne lengdeenheten er senere blitt kalt Ångström (Å). $1\text{Å} = 1/10\ 000\ 000\ 000\ \text{m}$.

**) Katodestråler er stråler av frie elektroner.

Nordlysets årsak

av Egil Leer

Nordlys dannes av gass som strømmer ut fra sola. Denne *solvinden* stoppes av jordas magnetfelt, og energien i vinden fra sola overføres til negative og positive ladede partikler (elektroner og protoner) som skytes ned fra jordatmosfæren og gir nordlys. Hvis solvinden avtok, skulle også nordlyset bli svakere. Dette skjedde i årene 1645-1715. I denne tida var antall *solflekker* redusert til en tidel av det normale, og det var få store nordlysutbrudd. Dette er kanskje grunnen til at Petter Dass ikke har beskrevet nordlyset.

Vi skal i det følgende fortelle litt om sola, og hvorfor det er en gasstrøm fra sola. Vi skal også diskutere hva som skjer når solvinden treffer jorda.

Sola

Sola er vår nærmeste stjerne. Vi kan studere solatmosfæren i detalj og observere fenomen som ikke kan sees på fjernere stjerner. Dette gjør solfysikken til en nøkkel for forståelse av mange prosesser i universet. Men sola er også en svært spesiell stjerne. Den sørger for nok energi til å opprettholde liv på jorda. Selv små endringer av energistrømmen fra sola vil ha store konsekvenser for klimaet og livet på planeten vår.

Energien i sola frigjøres ved at atomkjerner smelter sammen i solas indre, og det tar nær en million år å transportere energien ut til soloverflata. Det meste av energien sendes ut fra sola som lys, og energistrømmen som når jorda er 1367 Watt pr. kvadratmeter. Dette kalles ofte for *solarkonstanten*.

Sola ser ut som ei glødende kule med en radius på 700 000 kilometer, og massen er 300 000 ganger jordas masse. Den roterer om sin egen akse i løpet av vel 25 døgn, men på grunn av at jorda beveger seg i bane rundt sola i samme retning, ser det for oss ut som om sola bruker 27 døgn på å rotere en gang.

Solvinden

Det meste av lyset kommer fra *fotosfæren*, et 500 kilometer tjukt overflatelag som «bare» har en temperatur på 5 800 grader. Utenfor ligger solatmosfæren,

eller *koronaen*, som er en tynn varm gass. Temperaturen er så høy (mer enn en million grader) at sola ikke greier å holde på denne atmosfæren, den blåser ut i verdensrommet. Denne strømmen av gass kalles ofte *solvind*. Solvinden tapper sola for en million tonn gass hvert sekund, men i løpet av solas levetid — 5 milliarder år — blir dette bare en hundredel av en prosent av solmassen. Det er imidlertid grunner for å tro at solvinden var kraftigere da sola var yngre. Da kunne muligens denne gasstrømmen være av betydning for utviklingen av sola, nå er den bare av betydning for planetene.

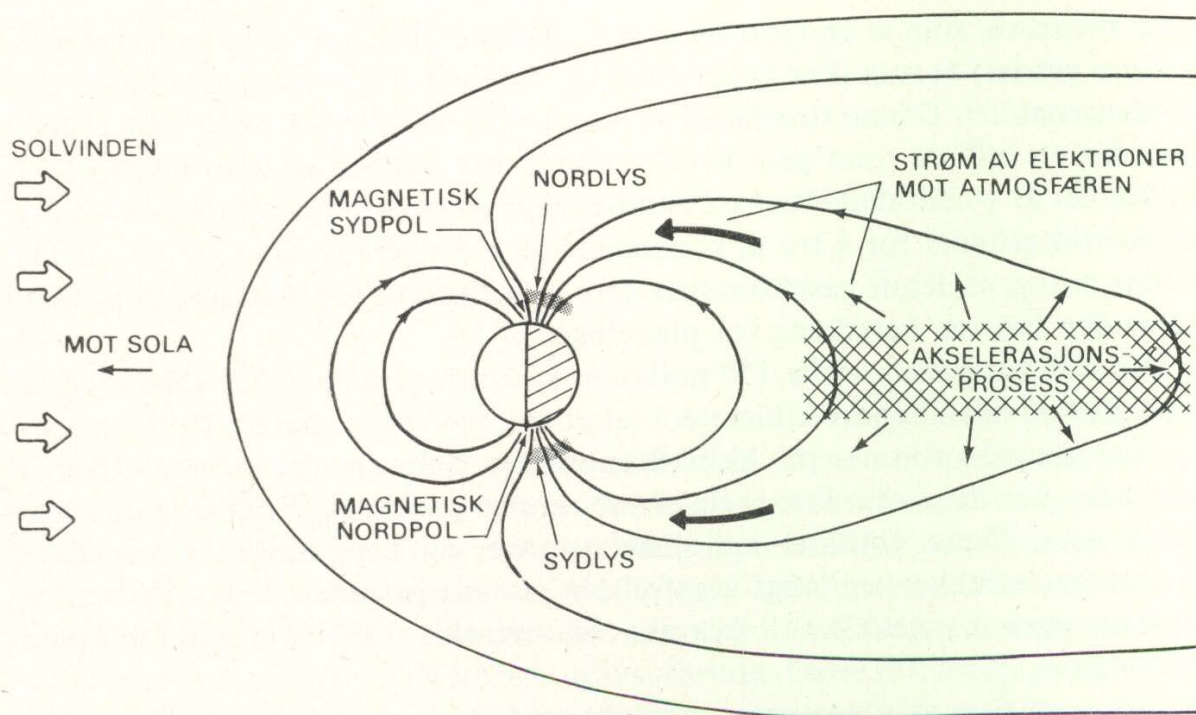
Ute ved jordbanen, cirka 150 millioner kilometer fra sola, har solvinden en hastighet på noen hundre kilometer i sekundet, men det er bare 5-10 elektroner og like mange protoner pr. kubikkcentimeter. Selv om det er få partikler i solvinden har de så stor fart at de presser annen gass vekk fra et stort område rundt sola. Dette området kalles *heliosfæren*, og beregninger tyder på at heliosfæren strekker seg langt utenfor den ytterste planeten, Pluto. Solvinden strekker også magnetfeltet til sola ut i rommet, slik at det er et svakt felt ute i heliosfæren.

Jorda, og flere av planetene, omgir seg med et magnetfelt som er dannet av elektriske strømmer inne i planeten. Ved overflata er feltet sterkt og ligner mye på feltet en ville få ved å plassere en kort stavmagnet i jordas sentrum. Langt ute er imidlertid feltet så svakt at solvinden presser det sammen på sida som vender mot sola, dagsida, og trekker det ut i en «hale» på nattsida. Slik blir planetens magnetfelt begrenset til et langstrakt område, *magnetosfæren*. Utenfor dette området hvor planetens magnetfelt dominerer flyter solvinden forbi, bare en liten del av solvindpartiklene trenger inn i magnetosfæren.

Nordlys

Men solvinden kan overføre energi ved å «gni» på overflata til magnetosfæren. Når solvinden gnir på magnetosfære-«halen» vil energilageret i «halen» øke og øke til hele magnetosfæren kommer i «ulage». I løpet av kort tid kan det meste av energilageret tømmes ved at energirike elektroner skytes inn mot jorda. Disse treffer jordatmosfæren og gir kraftig nordlys i belter rundt polområdene. Samtidig settes det i gang store elektriske strømmer i vel 100 kilometers høyde. Strømmene forårsaker forstyrrelser i magnetfeltet som måles på jordoverflata, og forstyrrelsene er størst ved målestasjonene innenfor, eller i nærheten av *nordlysbeltene*.

Når solvinden er «normal», dvs. at den blåser forbi jorda med en fart på 300-400 kilometer i sekundet, vil nordlysbeltene ligge på mellom 65 og 75 grader nordlig eller sørlig geografisk bredde, men av og til er det kraftige utbrudd på sola. Store mengder gass farer da ut i verdensrommet med hastigheter større enn 1000 kilometer i sekundet. Hvis denne hurtige gassen treffer jorda, vil magnetfeltet blir trykket kraftig sammen på den sida som vender mot sola,



Skjematisk modell for dannelsen av nordlys. En «eksplosjon» oppstår i magnetosfærehalen, og elektronene blir tvunget inn mot polområdene langs magnetfeltlinjene. Nordlys dannes når disse energirike partiklene kolliderer med gasser i atmosfæren. Legg merke til at den magnetiske nord-polen ligger nær den geografiske sydpolen.

og nordlysbeltene vil forflytte seg nærmere ekvator. Når solvinden er svært kraftig, kan en f.eks. se nordlys langt sør i Europa.

Områder på sola som gir opphav til en gasstrøm med hastigheter på 600-800 kilometer i sekundet kan leve i flere måneder. Denne solvinden gir nordlys og ganske store variasjoner i det jordmagnetiske feltet. Sett fra jorda, roterer sola en gang i løpet av 27 døgn, og vi vil derfor se at slike forstyrrelser kommer igjen med 27 døgns mellomrom.

Magnetosfæren og været

Magnetosfæren er bindeleddet mellom solvinden og jordas øvre atmosfære, og den tar imot energi fra solvinden og gir fra seg denne energien til jordatmosfæren. Den samme prosessen finner vi også på andre, magnetiserte planeter. Mye av energien i jordas magnetosfære avgis til atmosfæren ved at det «skytes ned» energirike partikler som gir nordlys. Det skulle derfor også være nordlys på andre planeter, og romsonden Voyager tok det første bildet av nordlys på en annen planet da den passerte Jupiter.

Problemstillingene i nordlysforskningen var tidligere knyttet til studiet av lyset, dets former, farger og bevegelse. Etterhvert har nordlysforskningen blitt

en del av *magnetosfærefysikken*. Nå er en mest opptatt av å samholde målinger av lyset og av de energirike partiklene som gir opphav til lyset. En forsøker også å finne ut hvordan energi kan overføres fra solvinden til disse energirike partiklene. Selv om vi ikke forstår, i detalj, hvordan energien overføres fra solvinden til den øvre atmosfæren, vet vi at det aller meste av denne energien overføres til atmosfæren nær polområdene.

Kan disse prosessene bety noe for været på jorda?

Energien i solvinden er svært liten sammenlignet med energien i sollyset, og selv små endringer i solarkonstanten, mindre enn en prosent, ville få større betydning for energistrømmen til jorda enn energien fra solvinden. Men nordlyspartiklene kan likevel være av betydning for været. Når de energirike partiklene treffer den øvre atmosfæren og forårsaker nordlys, vil det også dannes ulike ioner. Disse ionene kan spres i den øvre atmosfæren ved vinder og virke som «kjerner» for fortetning eller *kondensasjon* av vanndamp. På denne måten kan det dannes skyer i 10-20 kilometers høyde som slipper inn sollyset, mens varmestrålingen fra jorda ikke slipper ut. Denne «drivhuseffekten» vil føre til at luftmassene settes i bevegelse. Dette er *en* mulig prosess, og fysikere i USA mener at sannsynligheten for en kraftig storm på det amerikanske kontinent er størst 2-4 dager etter at hurtig solvind har presset sammen magnetosfæren og gitt kraftig nordlys på lave bredder. Det forskes idag ganske mye på dette spørsmålet.

Nordlys i verdensrommet

av Ove Havnes

Vi vil her ikke gå inn på nordlyset som vi kjenner det fra jorden, men kort omtale andre steder i verdensrommet hvor vi har observert nordlyslignende fenomen eller hvor vi kan vente å finne beslektede fenomen.

Planetsystemet

Vi vet i hvert fall at foruten Jorden har planetene Merkur, Jupiter og Saturn magnetosfærer. Det vil si at de har magnetfelt som er såpass sterkt at det klarer å motstå trykket fra solvinden og danne et slags hulrom omkring planeten. Dette hulrommet, som vi kaller for planetens magnetosfære, har forskjellig form fra planet til planet. I figur 1 viser vi magnetosfærene for Merkur, Jorden og Jupiter og som en sammenligning har vi også tegnet inn hvorledes magnetfeltet omkring en planet ville se ut dersom det ikke ble deformert av f.eks. solvinden. Dette siste tilsvarer magnetfeltet fra en kort stavmagnet. Det viser seg også fra målinger foretatt med romsonden Pioneer II at Saturn har en magnetosfære som ligner på det en stavmagnet ville gi. Vi vet at det ikke er magnetosfærer av betydning omkring Venus og Mars, men en kan ikke utelukke at slike finnes omkring de ytre planetene Uranus og Neptun.

En venter derfor nordlysaktivitet på i hvert fall Merkur, Jupiter og Saturn. Lyset fra denne kan ikke observeres fra jorden, men en har lenge observert radiosignaler fra Jupiter som kommer fra energirike elektroner i planetens magnetfelt. Styrken på disse radiosignalene varierer, og en kan finne ut hvilken energi elektronene som forårsaker disse må ha. Det viser seg at energiene er store, enda større enn for nordlyselektronene i jordens magnetfelt. Fra satellitter har en nå også observert sterke radiosignaler som sendes ut fra polområdene på jorden, og styrken av disse signalene ser ut til å ha sammenheng med styrken på nordlyset.

Radiosignaler fra Saturn tyder på at også denne planeten har en form for nordlysaktivitet, men romsonden Pioner II målte et relativt svakt magnetfelt og et mindre antall energirike partikler i magnetosfæren til Saturn enn ventet. Dette kan ha sammenheng med at Saturns ringer sveiper opp praktisk talt alle

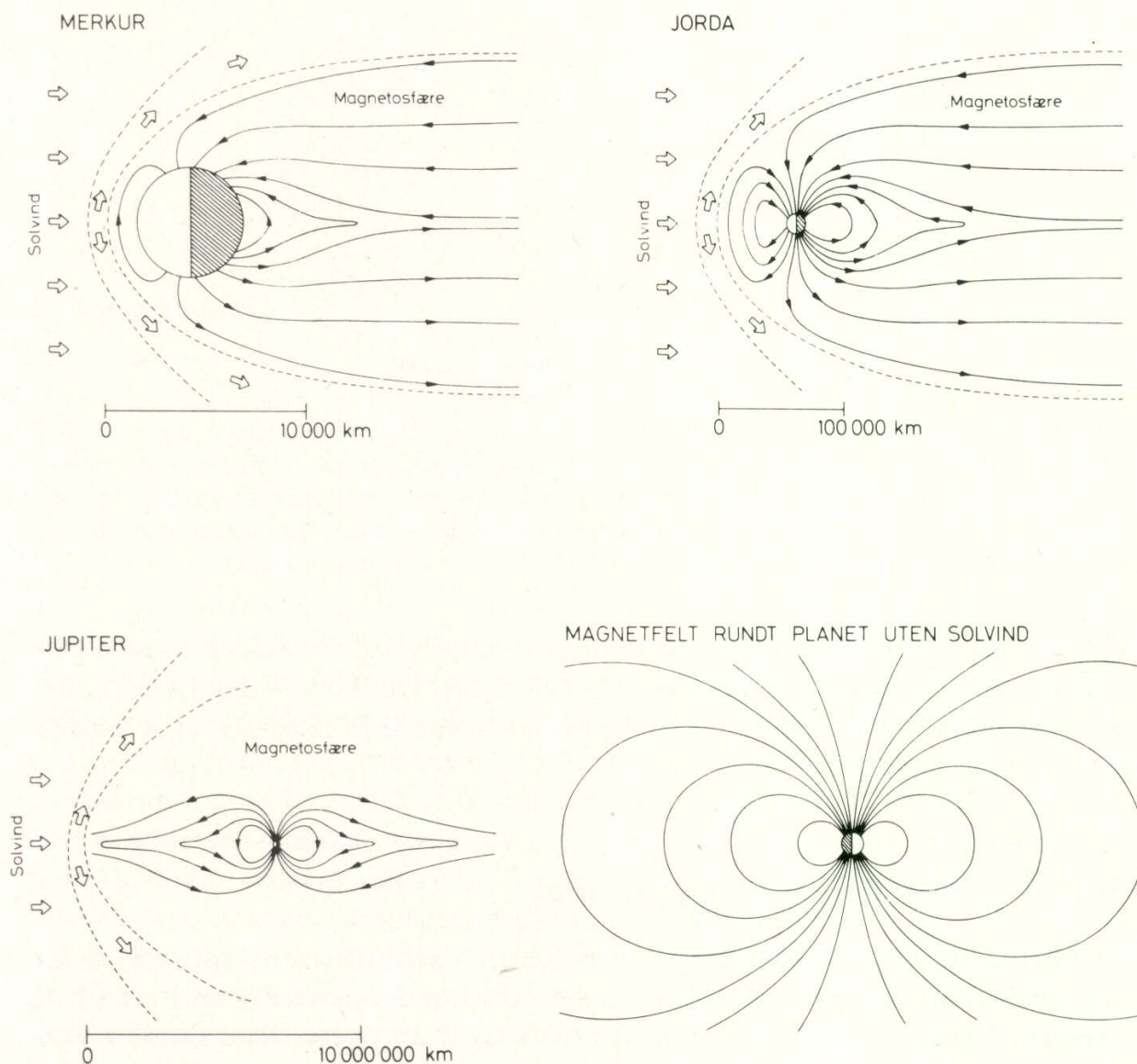


Fig. 1
Magnetosfæren rundt de tre planetene Merkur, Jorden og Jupiter. En ser hvordan solvinden har forandret magnetfeltet rundt disse planetene. I den siste figuren vises magnetfeltet omkring en planet som ikke er utsatt for solvind.

partikler fra magnetosfæren som kommer så nær planeten at de må passere gjennom ringene.

Optisk nordlys, det vil si nordlys som sender ut vanlig lys, har en foruten på Jorden, kun observert på Jupiter. Dette skjedde ved Voyager romsondens passasje av Jupiter i første halvdel av 1979.

Nordlyslignende prosesser er sannsynligvis også viktige på solen. Mye tyder på at utbrudd på solen, hvor en kan se et raskt lysbluss på en liten del av soloverflaten og hvor det samtidig, fra det samme området, sendes ut hurtige partikler, forårsakes av lignende prosesser som de vi finner i jordens magnet-

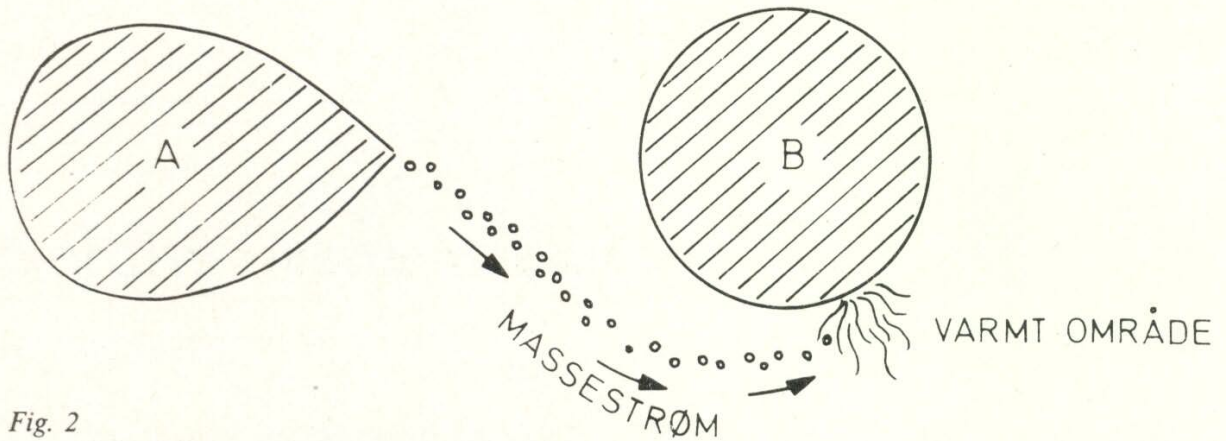


Fig. 2

Nære dobbeltstjerner med masseoverføring. Fra stjerne A går det en massestrøm til stjerne B. Der massestrømmen treffer atmosfæren til stjerne B får vi et «nordlysområde» - men med mye høyere energier - helt opp i røntgenområdet. Dersom stjerne B er en dvergstjerne eller nøytronstjerne, kan det varme området få høy nok temperatur til at kjernereaksjoner kan finne sted i atmosfæren. Da kan stjerne B øke fra 100 - 10 000 ganger i lysstyrke. Dette kaller vi et novautbrudd.

osfære. De tilsvarende fenomen i jordens magnetosfære kalles magnetiske stormer, og lysblussene disse fører til er nordlyset. Det finnes også en del andre fenomen på solens overflate som kan skyldes lignende prosesser som de som på jorden lager nordlys.

Nordlys utenfor planetsystemet

Vi har til nå omtalt nordlys på planetene i vårt solsystem og også nevnt muligheter for «nordlys» på solen. Kan nordlys også observeres andre steder i universet? Som vi har sett er nordlys forårsaket av energirike partikler som kolliderer med atomer og molekyler. Dette fører til at det sendes ut lys. Dersom partiklene som kommer inn har svært stor energi, vil det meste av det lyset som skapes i kollisjoner med andre partikler ikke kunne sees av det menneskelige øyet. Det lyset som da sendes ut vil for en stor del være det som vi kaller for røntgenstråling. Slik røntgenstråling produseres det litt av i jordens nordlysområder. Røntgenstrålingen fra jordens nordlys og fra andre steder utenfor jorden kan ikke observeres fra jordoverflaten på grunn av at atmosfæren stopper slik stråling. Av den grunn har en først de siste 10-15 årene ved hjelp av instrumenter i raketter og satellitter kunnet oppdage og undersøke røntgenstrålingen fra disse stedene.

Dersom det hadde vært vanlig nordlys på stjernene ville det vært vanskelig å skille dette nordlyset fra det lyset som stjernen ellers sender ut og som skyldes kjerneprosesser i stjernens indre. Det normale lyset fra en stjerne inneholder vanligvis lite røntgenstråling, og vi kan derfor studere nordlyset på stjerner ved å undersøke røntgenstrålingen som lages når energirike partikler treffer stjerneatmosfæren. Vi kjenner en rekke stjernetyper hvor dette skjer.

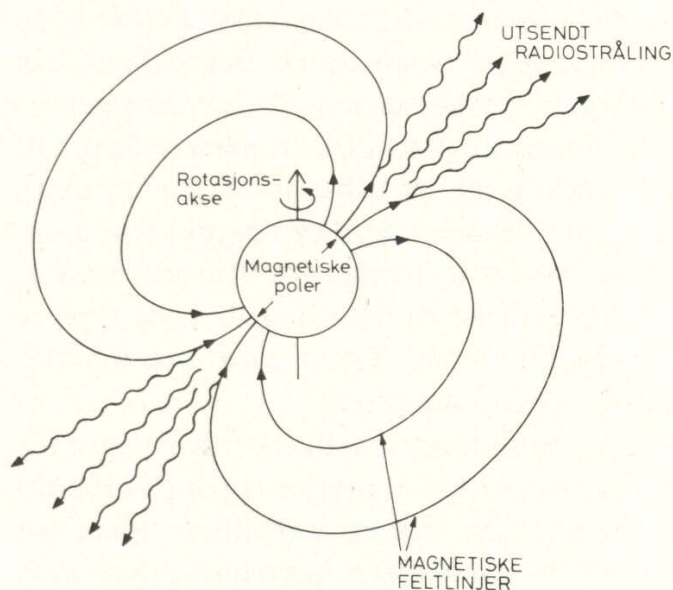


Fig. 3

En pulsar (nøytronstjerne) med sterkt magnetfelt. Den magnetiske pol er på et annet sted enn rotasjonspolen. Dette fører til at vi kun ser stråling fra pol-områdene med periodiske mellomrom på samme måte som med lyset fra et fyrstårn. Figuren viser en mulig modell for pulsarens radioutstråling. Det er foreslått en rekke andre modeller for radioutstrålingen fra disse hvor emisjonen kommer fra deler av pulsarens magnetosfære. En kan ennå ikke med sikkerhet si hva som er den riktige modell.

I flere dobbeltstjernesystem hvor to stjerner er så nær hverandre at de helt eller nesten berører hverandre, observerer en røntgenstråling som har sammenheng med at det strømmer gass fra den ene stjernen til den andre (fig. 2). I et slikt system, hvor stjernene er omtrent som solen både av størrelse og masse, vil partiklene som faller ned mot stjerneoverflaten få langt mindre energi enn i et system hvor den stjernen som mottar masse er mindre og tettere. Mest energi får partiklene når mottagerstjernen er enten en hvit dvergstjerne (radius 1000 til 10 000 km), eller en nøytronstjerne (radius 10 til 20 km).

I de to siste stjernetypene vil tyngdekraftene bli svært store, og de innfallende partiklene blir akselererte opp til høye hastigheter med stor energi. Det vil derfor bli produsert mye røntgenstråling. Slike stjerner vil ofte ha magnetfelt i likhet med jorden, men magnetfeltene vil som regel være meget sterkere. På nøytronstjerner kan magnetfeltet være 10 billioner (dvs. 10^{13}) ganger sterkere enn magnetfeltet på jordens overflate. Et så sterkt felt vil kunne styre partikler med meget høy energi slik at disse treffer stjerneatmosfæren i nærheten av de magnetiske poler på samme måte som jordens magnetfelt styrer nordlyspartiklene.

De magnetiske poler kan ligge helt andre steder på stjerneoverflaten enn de geografiske poler (dvs. der stjernens rotasjonsakse går gjennom overflaten). Av den grunn vil de magnetiske poler, som følger med i stjernens rotasjon, bare komme til syne til visse tider. Det samme vil være tilfellet med røntgenstrålingen som sendes ut fra de samme områdene. Den vil av og til være svak for så å øke i styrke når det området den produseres i kommer til syne. Røntgenstrålingen vil altså variere. Dette er observert fra mange «røntgenstjerner» (fig. 3).

Det finnes en annen viktig type av røntgenstrålesendere av variabel type. Disse sender ut røntgenstråling i form av enormt sterke utbrudd som ikke følger etter hverandre med så regelmessige mellomrom som de ville gjort

dersom det var rotasjonen som forårsaket variasjonen. Slike stjerner er blant de sterkeste røntgenkilder på stjernehimmelen. De fleste finnes i retning av vår galakses (Melkeveisystemets) sentrum og sender ut omtrent 80% av røntgenutstrålingen derfra. I et utbrudd kan utstrålingen fra disse objektene øke 10 ganger i løpet av et sekund. Ved maksimal utstråling sender disse objektene ut minst 10 000 ganger mer energi bare i røntgenområdet enn den energi som solen sender ut over alle bølgelengder. Det observeres to former for utbrudd hvorav type I opptrer med mellomrom på fra flere timer til flere dager, mens type II gjentas med bare sekunder til minutters mellomrom. En antar at utbruddene kommer fra nøytronstjerner som har et sterkt magnetfelt.

En mener at magnetfeltet først stopper innfallende partikler i en avstand fra stjernen på ca. 1000 km inntil vekten av partiklene som bygger seg opp er i stand til å overvinne trykket fra magnetfeltet. Da bryter partiklene gjennom magnetfeltet, og ca. et sekund senere rammer partiklene nøytronstjernen med en hastighet nær opp til lyshastigheten og forårsaker et utbrudd av røntgenstråling — en noe uvanlig «nordlysaktivitet», men tross alt et beslektet fenomen. Et enda mer ekstremt resultat av «nordlysaktivitet» på disse stjerner er den prosess som er foreslått for å forklare de mer sjeldne type I utbrudd. Denne går ut på at de partikler, hovedsakelig protoner, som faller inn på nøytronstjernen smelter sammen med andre protoner (en såkalt fusjonsprosess) og danner helium. Dette kan være mulig på grunn av de høye energier på de innfallende partikler og den høye temperatur som dannes i de områder de faller ned på stjernen. Etter at temperatur, trykk og tetthet av helium har bygget seg tilstrekkelig opp kan også heliumet plutselig gjennomgå en fusjonsprosess. Tyngre elementer blir da dannet, samtidig som denne prosessen, som bare varer en meget kort tid, også vil forårsake et utbrudd av røntgenstråling. Dette er det samme som en superatombombeeksplosjon i atmosfæren på stjernen.

I de foregående eksempler er beskrevet fenomen som forklares ved prosesser som er beslektet med dem som fører til nordlys her på jorden, selv om prosessene i jordens atmosfære i energiinnhold og utstrekning er beskjedne i sammenligning. I energiinnhold ligger jordens magnetosfæriske prosesser nederst på en skala som går fra en svak utsendelse av synlig lys til de enorme energier som utsendes i røntgenområdet fra de tidligere omtalte røntgenstjernene.

I størrelse plasserer jorden seg noe bedre. Minst er røntgenstjernene som med sin stjernediameter på ca. 10-20 km og en magnetosfæreradius på kanskje ikke mer enn 1000 km blir små selv sammenlignet med jorden med sin radius på 6400 km og magnetosfæreradius på ca. 60 000 km. Jordens magnetosfære er allikevel ikke stor sammenlignet med den magnetosfærelignende struktur med utstrekning på millioner av lysår en finner omkring enkelte radiogalakser av den såkalte hode-hale type.

Fenomen som er beslektet med de som fører til nordlys, er relativt vanlige i planetsystemet og i verdensrommet for øvrig. Våre undersøkelser omkring

jorden av vekselvirkningen mellom solvinden og magnetosfære med påfølgende nordlysaktivitet har pågått i mange tiår. I den siste tiden har vi fått informasjon ved å sende raketter og satellitter inn i de områdene hvor prosessene som fører til nordlys finner sted. Dette, sammen med teoretiske arbeid har gitt oss en grundig viten om nordlyset og dets årsaker. Det er også blitt klart at denne viten er av helt grunnleggende betydning for vår forståelse av tilsvarende fenomen i universet.

Nordlys i atmosfæren

av Ove Harang

Nordlysets årsak er behandlet i avsnittene foran. Vi skal her se litt på det som skjer i selve atmosfæren når det er nordlys.

Nordlyset er lys i atmosfæren som skyldes *nedbør* av energirike partikler — særlig elektroner, og de former og bevegelser vi ser i nordlyset skyldes variasjoner i denne nedbøren.

Når energirike elektroner nærmer seg jorden ovenfra, trenger de gjennom atmosfæren som stadig øker i tetthet. I 150-100 km's høyde blir atmosfærens tetthet så stor at elektronene begynner å kolliderer med atmosfærens atomer og molekyler. Disse kollisjonene vil gi atmosfærens atomer og molekyler energier som de kvitter seg med i form av lysutsendelse, og vi får lys — *nordlys*.

Disse kollisjonene vil innvirke på atmosfæren på flere måter, og vi skal ta opp dette i et senere avsnitt.

Spektralanalyse

Lys er satt sammen av forskjellige farver. Lys som observers fra forskjellige stoffer, har forskjellig fordeling av farver.

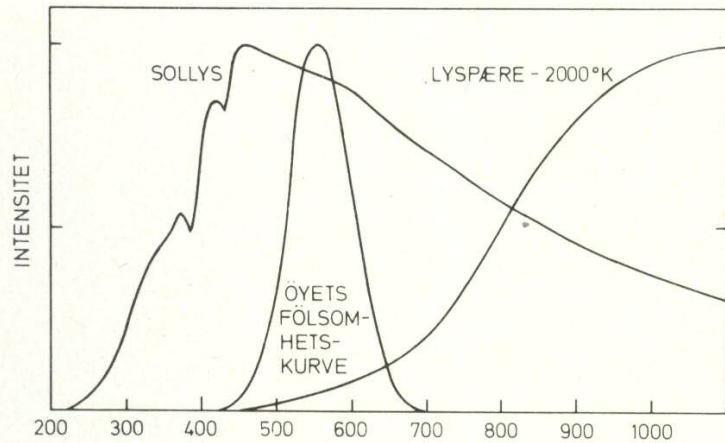
En annen måte å si dette på er at lyset er satt sammen av lys med forskjellige lysbølgelengder. En undersøkelse og presentasjon av lyset, fordelt på bølgelengder med forskjellig intensitet kalles spektralanalyse. Alle stoffer har sin karakteristiske spektralfordeling.

Lyset fra gassen i elektriske utladningsrør som lysstoffrør, reklamelys etc. har en spektralfordeling som består av en rekke skarpe linjer og bånd. Dette er de såkalte atomlinjer og molekylbånd. Disse linjers og bånds bølgelengder og intensiteter er karakteristiske for de atomer og molekyler gassen består av. Dette kan brukes til å bestemme gassens sammensetning og temperatur.

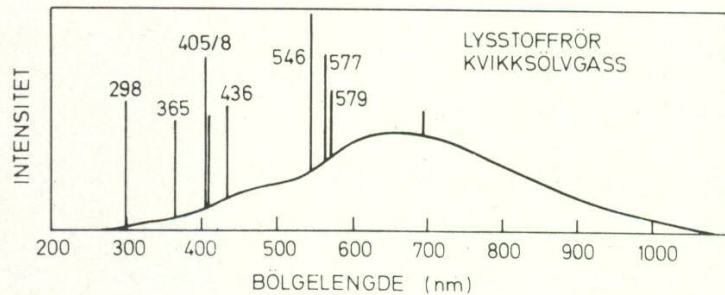
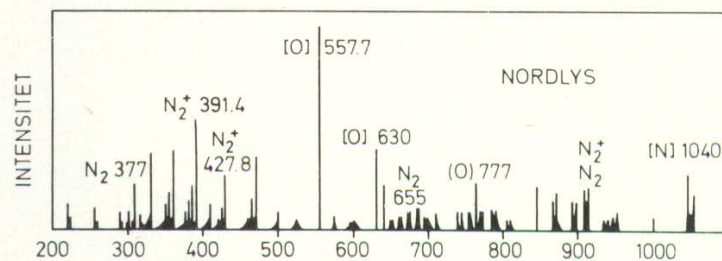
Studier av spektra fra grunnstoffene spilte en stor rolle i atomforskningens barndom i forrige århundre. Den første spektralanalyse av nordlys ble allerede utført av svensken Ångström for over hundre år siden. En sammenligning mellom spektra av nordlys og tilsvarende fra gassutladning i tynn luft målt i laboratoriene, viser store likhetspunkter. Man kunne på denne måten forklare hvorledes de fleste linjer og bånd i nordlyset kunne bli dannet, nemlig gjennom

Fig. 1

Spektralfordelingen av sollys og glødelampe sammenlignet med spektra fra nordlys og lysstoffrør. Plasseringen av øyets følsomhetskurve gjør at det er spesielt følsomt for den sterkeste nordlyslinjen på 577.7 nm. Bølgelengdene er her gitt i nanometer (nm) som er en milliontedels millimeter.



bombardement av atmosfæren med energirike elektroner. Men det var en rekke linjer og bånd i nordlyset som ikke kunne observeres i laboratoriene. Disse linjer og bånd representerte mesteparten av intensiteten av det synlige nordlys. Det var lenge en gåte for forskerne hvilket stoff som gav disse lysemi-sjonene.



Etter hvert som atomteorien ble mer etablert, og man fikk mere presise kunnskaper om atomenes oppbygning, kunne man fastslå at disse spektrallinjer kun fantes når gassene hadde en meget lav tetthet. De senere års forsøk har klart å produsere slike spektrallinjer i laboratoriene, men under meget vanskelige forhold.

Selv om de grunnleggende prinsipper for atomenes og molekylenes oppbygging er forholdsvis kjent, så består et atom eller molekyl av så mange elektroner at det er ugjørlig å beregne deres oppbygning og tilstander teoretisk. Dette fører til at vi må bruke laboratoriemålinger for å kunne si noe mer om atomenes eller molekylenes struktur. Når så en del av disse tilstandene ikke er tilgjengelig for måling i laboratoriene og man kan observere disse i nordlyset, er det naturlig å se på nordlyset som et stort *spektroskopisk* laboratorium. Så i stedet for å bygge et stort vakuumlaboratorium med elektronkanon, instrumenter for å lage magnetiske og elektriske felter, kan man ta med seg måleutstyr ut i polarnatten og observere laboratorieforsøk utført over seg og så registrere de fysiske prosesser fra bakken.

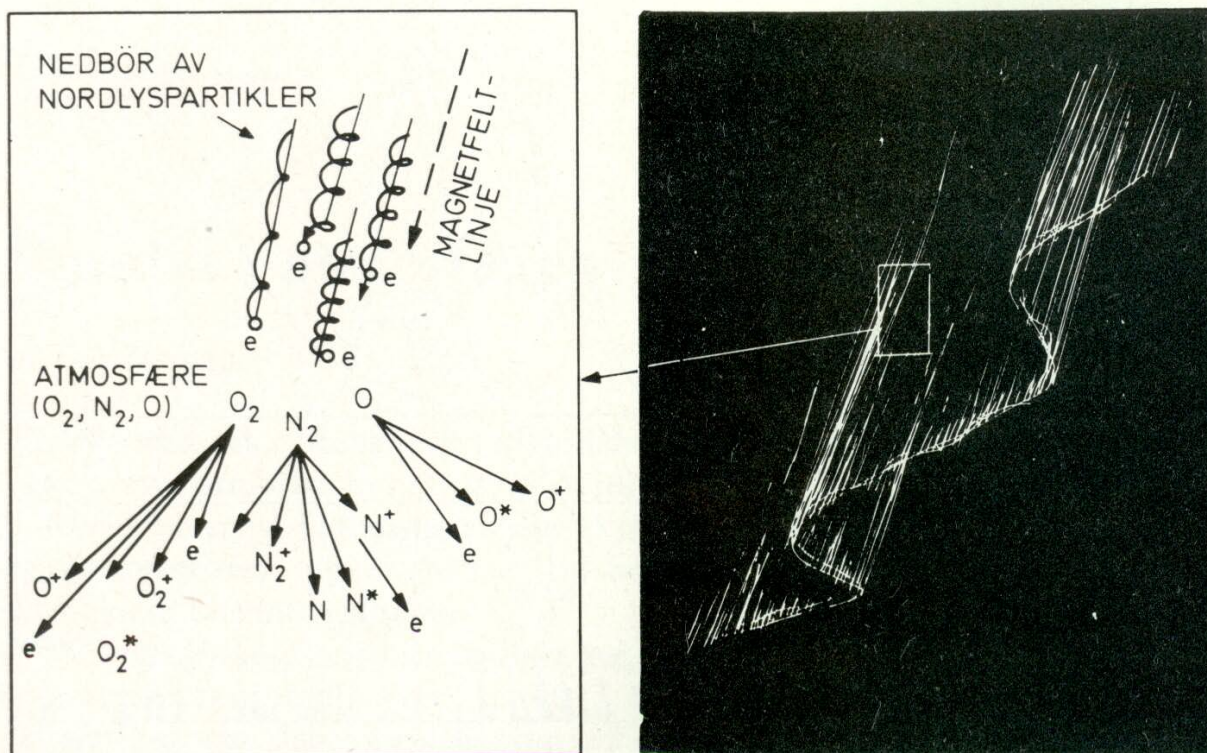


Fig. 2
 Nordlyselektroner bombarderer atmosfæren som består av nitrogen (N_2) og oksygen (O_2 og O), og det dannes frie elektroner (e), ioner av nitrogen (N_2^+ , N^+) og oksygen (O_2^+ , O^+). I tillegg vil disse også kunne være tilført energier ($*$).

Et enkelt nordlysforsøk

Man kan ved hjelp av optiske instrumenter måle nordlysets lyssammensetning og intensitet i ulike høyder. Man kan også, ved hjelp av raketter og satellitter, måle sammensetningen av partikkelnedbøren samtidig som det gjøres observasjoner fra bakken.

Man har i laboratoriene laget elektronkollisjoner i gasser under lavt trykk og målt på lysintensitetene slike kollisjoner gir. Ved å ta måledata fra laboratoriene, partikkeldata fra satellitter og data fra atmosfæremodeller, kan man beregne teoretiske nordlysp profiler. En del av disse profilene kan gjenfinnes i lyskurvene som måles i nordlyset.

Fig. 3 viser et eksempel på en slik prosedyre hvor man sammenligner nordlysmålingene med teoretiske profiler basert på laboratedata.

Det vil være avvik. En del kan skyldes måleusikkerhet, men noe av avviket skyldes også at modellen ikke er fullstendig. Dette gir forskerne grunn til å forbedre modellene samt lete etter nye prosesser.

Atmosfæriske prosesser i nordlyset

Som nevnt foran skyldes nordlyset lys fra atmosfæren forårsaket av at energirike elektroner kolliderer med atmosfærens atomer og molekyler. De energi-

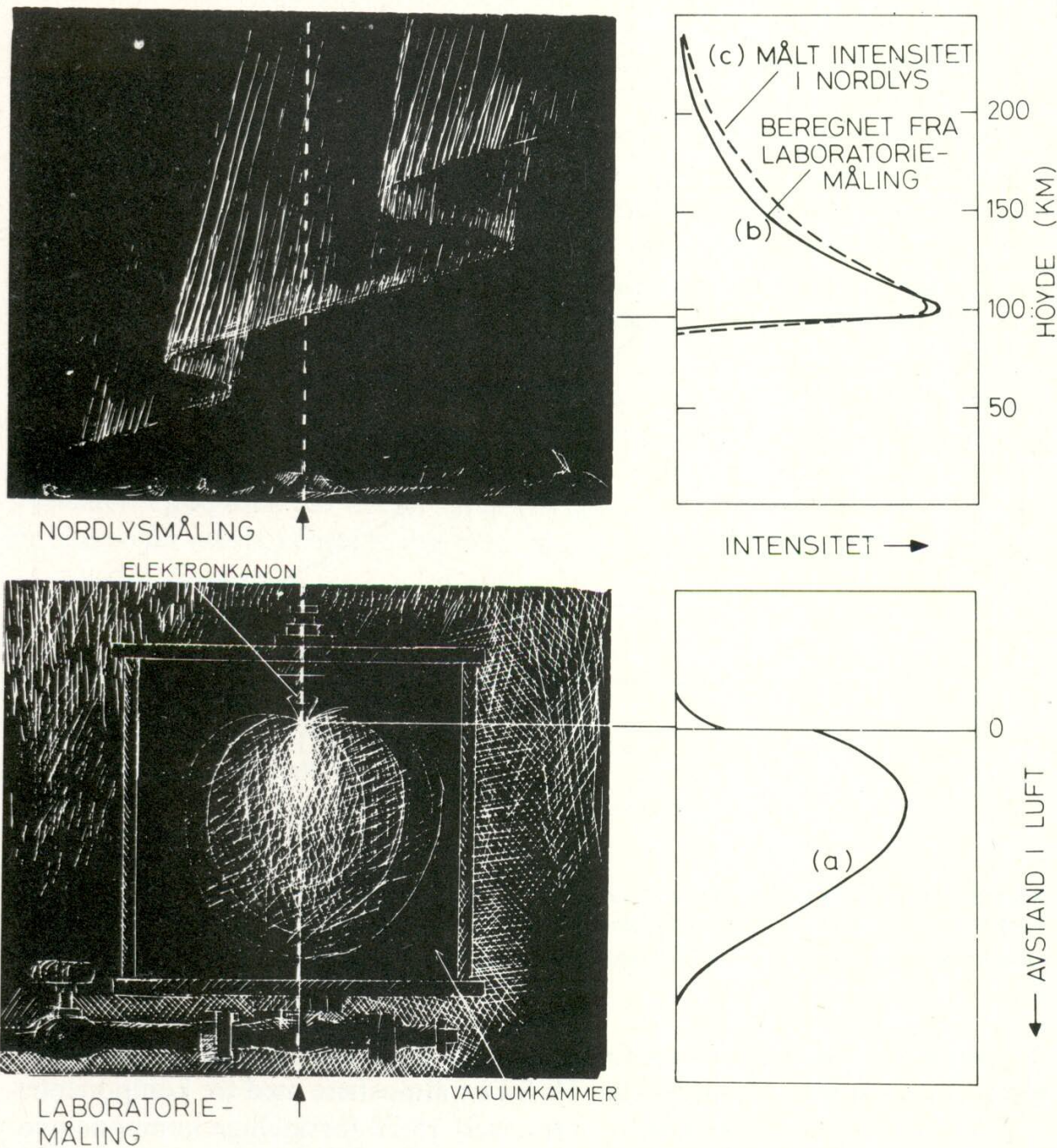


Fig. 3
 Eksempel på en tolkning av en målt nordlysprofil. På grunnlag av laboratoriedata (a) beregnes en teoretisk profil (b) som sammenlignes med den målte (c).

rike elektronene bremses derfor etterhånden helt opp og når de når ned til 90-100 km høyde, har de avgitt all sin energi til atmosfæren og stopper.

Den øvre atmosfære består av molekyler av nitrogen (N_2), oksygen (O_2) og oksygenatomer (O). Under elektronbombardementet vil disse bli ioniserte, dvs. miste et elektron, og vi får de positivt ladede ionene N_2^+ , O_2^+ , O^+ og N^+ . De energirike elektronene vil også kunne splitte opp molekylene i frie atomer, og vi

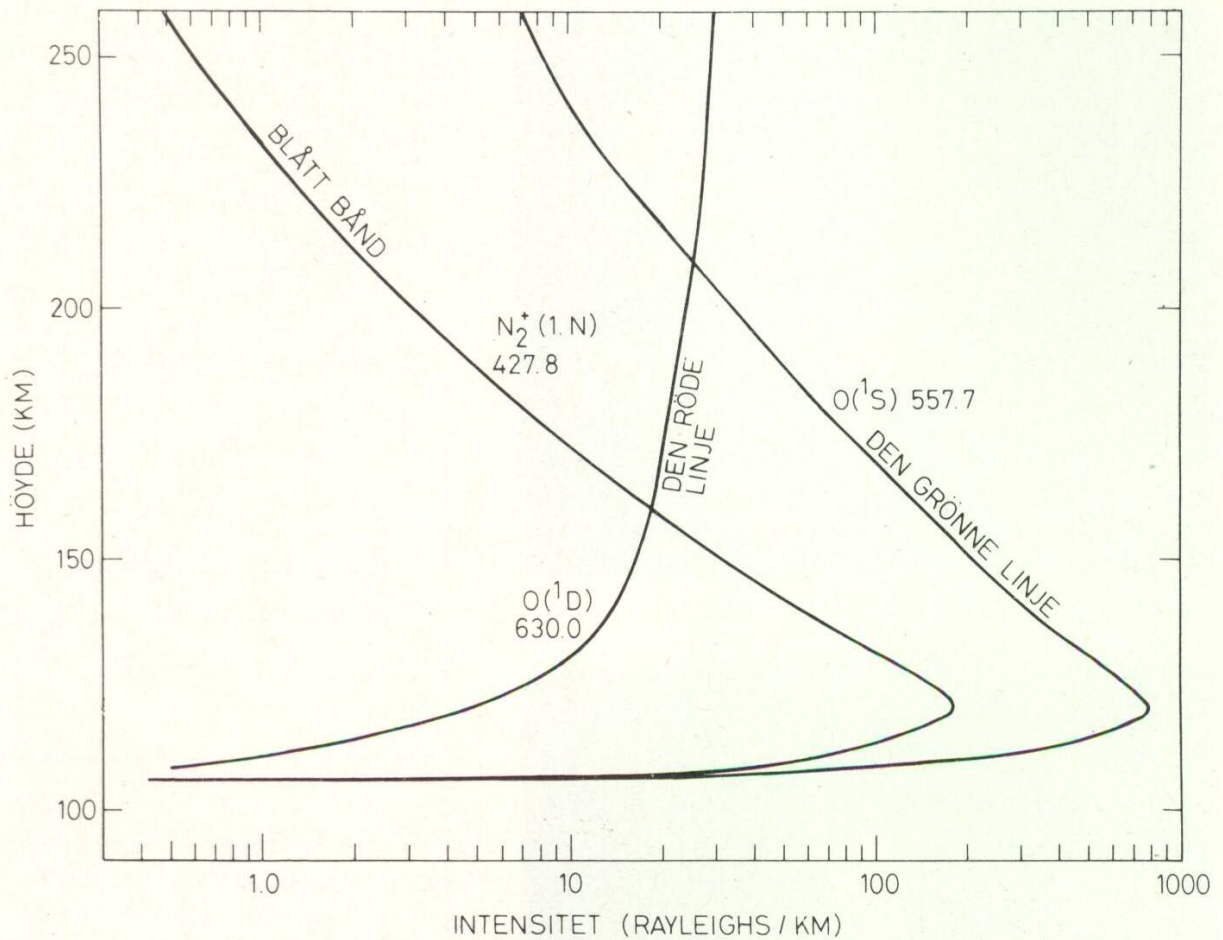


Fig. 4

Intensitetsprofiler av en del typiske linjer i nordlyset beregnet teoretisk. Intensitetsaksen er logaritmisk for å få med både de sterke og de svake intensitetene på samme graf. Intensitetsenheten er Rayleigh som er en nordlysfysisk enhet lik 1 million fotoner pr. sekund og cm^2 sett gjennom nordlyset.

får produsert atomene N og O. Videre vil vi kunne få dannet energirike tilstander av atomer og molekyler. Ut fra en atmosfære med tre komponenter N_2 , O_2 og O får vi under nordlys produsert 15-20 forskjellige komponenter. Mange av disse er kjemisk reaktive og vil reagere med den lokale atmosfære og danne nye forbindelser som NO^+ og NO. Som en ser, blir det et ganske infløkt problem å finne ut av.

Modellberegninger

Med den stadig økende mengde av observerte prosesser i nordlyset, samlet sammen ved hjelp av laboriemålinger, bakkemålinger, ballonger, raketter og satellitter, byr det på store problemer å få oversikt over alle disse prosessene, og få en forståelse av hvilken rolle de enkelte prosesser spiller.

I de senere år har man kunnet samle sammen disse prosessene i regnemaskinprogram og så teoretisk beregne nordlysprosesser i atmosfæren. På grunn av det store antall prosesser som griper i hverandre blir regnearbeidet ganske stort, men med moderne regnearbeid kan man følge med disse prosessene enkeltvis og se hvorledes den øvre atmosfære forandrer seg gradvis etter som nordlyset «blir slått på». Man kjenner ikke alle prosessenes effektivitet, men man skal forsøke med å variere de forskjellige bidragene og så se hvordan beregningsresultatet utvikler seg, så se på registreringer av de prosesser som er målbare og sammenlikne. Dette gir oss anledning til å følge med i prosesser som ikke er direkte målbare.

Fig. 4 viser intensitetsprofiler av noen få linjer i nordlyset. Disse er utledet fra en slik modellberegning. Vi ser at det er store intensitetsforskjeller, både som funksjon av høyden i atmosfæren og i forholdet mellom de forskjellige linjers intensitet. På figuren har derfor intensitetsaksen en logaritmisk skala. Dette er en beregning utført i forbindelse med en hovedoppgave ved fysikkseksjonen.

Radiobølgeforplantning i ionosfæren

av Ove Bratteng

Atmosfæren er bygd opp av nitrogen og oksygen. Opp til 60-70 km er atmosfæren stort sett nøytral, alle atomer har like mye positiv som negativ ladning. Høyere oppe vil røntgenstråling og energirike partikler forårsake *ionisering*, dvs. en del atomer blir spaltet i positive ion og frie elektroner. Det er dette høydeområdet fra ca. 60-1000 km, med relativt stor tetthet av frie ladete partikler, som nå betegnes *ionosfære*. Historisk er ionosfæren lagdelt med D-lag i 80-90 km, E-lag i 100-120 km og F-lag i 140-300 km. Nå regnes F-laget helt opp til 1000 km høyde.

Ionosfæren reflekterer radiobølger, tilnærmet som et kuleformet speil, men refleksjonsmekanismen er komplisert. Hvordan en radiobølge påvirkes og reflekteres i ionosfæren, er i første rekke bestemt av hvordan tettheten av frie elektroner, *elektrontettheten*, varierer med høyden. Elektrontettheten er stort sett bestemt av intensiteten av den innfallende røntgenstråling (fra solen) og varierer følgelig over døgnet, med årstidene og med solflekkenes 11-årsperiode.

I forbindelse med sterke geomagnetiske forstyrrelser får vi ofte uvanlig høy elektrontetthet i høyder under 100 km. Dette resulterer som oftest i sterk demping av radiobølger og til tider fullstendig «black out» på kortbølgen. Elektrontettheten kan variere sterkt fra sted til sted, og ionosfæren kan da minne om et ruglet speil. Vi får diffus refleksjon og dårlige mottakerforhold. Slike *irregulariteter* i elektrontettheten vil også kunne forårsake store forstyrrelser for kommunikasjon gjennom ionosfæren.

Kort kan vi si at den rolige «pene» ionosfære gir en regelmessig avbøyning og refleksjon av radiobølgene, mens den forstyrrede «stygge» ionosfære forårsaker uregelmessig spredning av bølgeenergien.

For å utnytte ionosfæren som reflektor for radiobølger er det viktig å kunne forutsi de *ionosfæriske forhold*, spesielt elektrontettheten. For slik varsling eksisterer det nå et verdensomspennende nett med ca. 100 ionosonder verden over. Data om ionosfæren samles inn, bearbejdes og danner grunnlag for stadig bedre frekvensvarsling. Et frekvensvarsel angir den beste frekvens for radioforbindelse mellom to stasjoner på et gitt tidspunkt. (Om definisjon av *frekvens* se side 40). Det foreligger nå et stort erfaringsmateriale, og denne form for varsling er etter hvert blitt ganske pålitelig (se avsnitt om ionosonde side 89).

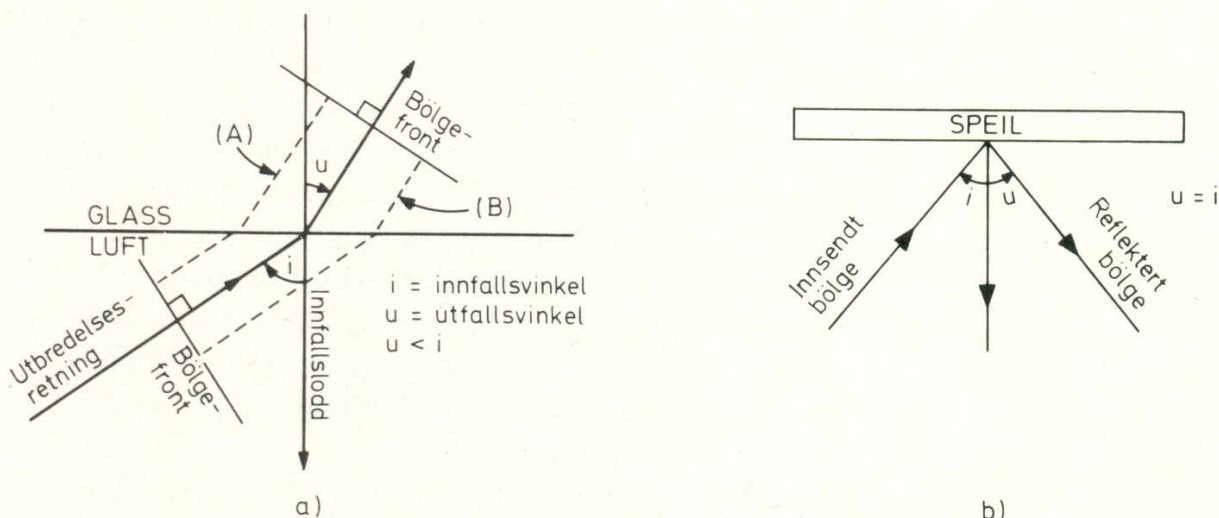


Fig. 1a

Illustrasjon av lysbrytning og speilrefleksjon. Når lys passerer fra luft til et tettere materiale (glass) blir hastigheten mindre og bølgefronten dreies. Vi får at utfallsvinkelen u er mindre enn innfallsvinkelen i .

Fig. 1b

Dersom bølgen ikke slipper inn i stoffet vil den bli reflektert som f.eks. fra et speil. Utfallsvinkelen vil da bli lik innfallsvinkel ($u = i$).

For kommunikasjon gjennom ionosfæren er det ofte ønskelig å vite forekomsten av irregulariteter, og det er nå i gang program for såkalt *scintillasjonsvarsling*. Mens frekvensvarsling angår relativt langsomme tidsvariasjoner, vil et scintillasjonsvarsel være basert på mer kortsiktige fenomen, f.eks. utbrudd på solen.

I de følgende avsnitt vil vi beskrive noe mer detaljert hvilken innflytelse ionosfæren har på radiobølger av ulik frekvens, og hvordan refleksjon av radiobølger kan utnyttes for å skaffe radiokommunikasjon (via ionosfæren) over store avstander.

Radiobølger, utbredelse, brytning og refleksjon

Radiobølger er i likhet med lys *elektronmagnetiske bølger*. Vi vet at lys utbre seg langs rette linjer, og at lys brytes ved overgang fra luft til glass, og at det reflekteres fra et speil (se fig. 1). Disse erfaringene kan vi overføre mer eller mindre direkte radiobølger. I vakuum vil også radiobølger utbre seg rettlinjet og med samme hastighet som lyset. Utbredeshastigheten kan variere fra stoff til stoff. Dette gir oss brytning - ja, endog refleksjon - ved overgangen mellom to forskjellige stoff, og kan forklares ut fra bølgenes *elektromagnetiske natur*.

Elektromagnetiske bølger oppstår når ladete partikler utfører hurtige, svingende bevegelser. Vi får da dannet et såkalt elektromagnetisk felt som utbrer seg med stor hastighet. Dette feltet kan vi registrere selv langt borte ved at det der setter ladete partikler i svingende bevegelser. Nå kommer vi til et vanskelig, men viktig punkt: De ladete partiklene som vår opprinnelige bølge setter i bevegelse, vil selv gi opphav til en ny elektromagnetisk bølge, og til slutt får vi et bølgefelt som vil være summen av disse to bølgene. Det viktigste resultatet er at sluttbølgen får en utbredeshastighet som er forskjellig fra lysets hastighet i vakuum. Altså, når en elektromagnetisk bølge trenger inn i et stoff med frie ladete partikler, vil det skje en gjensidig påvirkning mellom bølgen og partiklene slik at bølgens utbredeshastighet forandres.

Figur 1 viser lysbrytning ved overgang fra luft til glass. Brytningen skyldes at utbredeshastigheten for lys er lavere i glass enn i luft. På samme måte vil radiobølger bli brutt når utbredeshastigheten varierer. Dersom bølgen treffer et stoff som ikke tillater bølgen å utbre seg videre, blir energien i bølgen kastet tilbake. Vi får refleksjon.

Ionosfæren som reflektor for radiobølger

Det vakte stort oppstyr da Marconi i 1901 oppnådde radioforbindelse mellom Europa og Amerika. Slik er det ikke nå. Uten nærmere omtanke slår vi på radioen og velger ut en eller annen fjern radiostasjon. Hvordan kan radiobølger, som utbrer seg rettlinjet, være velegnet for kommunikasjon over store avstander - hvor synslinjen kan være begrenset av fjell - og rekke fram fra den ene til den andre siden av kloden? Svaret er illustrert i figur 2 og er ganske enkelt. Radiobølgene går via *ionosfæren* som virker som en ypperlig reflektor.

Fra radiosenderen stråler det ut energi i omtrent alle retninger. Bølgene treffer derfor ionosfæren under vidt forskjellige innfallsvinkler. På figur 2 har vi skissert 2 slike bølger, og vi har antydnet speilrefleksjon både mot ionosfæren og bakken. Fra sender til mottaker kan radiosignalet utbre seg via en, to eller flere «hopp». For hvert hopp mister bølgen ganske mye energi, og med referanse til figur 2 vil derfor den stiplede bølgen være vesentlig svakere enn den fullt opptrukne ved radiomottakeren.

Både ionosfæren og bakken er i virkeligheten noe ruglet slik at refleksjonen blir mer eller mindre diffus. Diffus refleksjon vil føre til uønsket spredning av radiobølgen. Denne effekten kan enkelte ganger forårsake store forstyrrelser på radiokommunikasjonen. I det følgende vil vi anta en rolig «pen» ionosfære og beskrive hvordan radiobølger av ulik frekvens vil oppføre seg når elektron-tettheten varierer med høyden.

Til enhver bølge kan vi tilordne en *bølgelengde* λ , en *frekvens* f og en *utbredeshastighet* c , der $c = \lambda f$. Bølgelengden angir avstanden mellom to

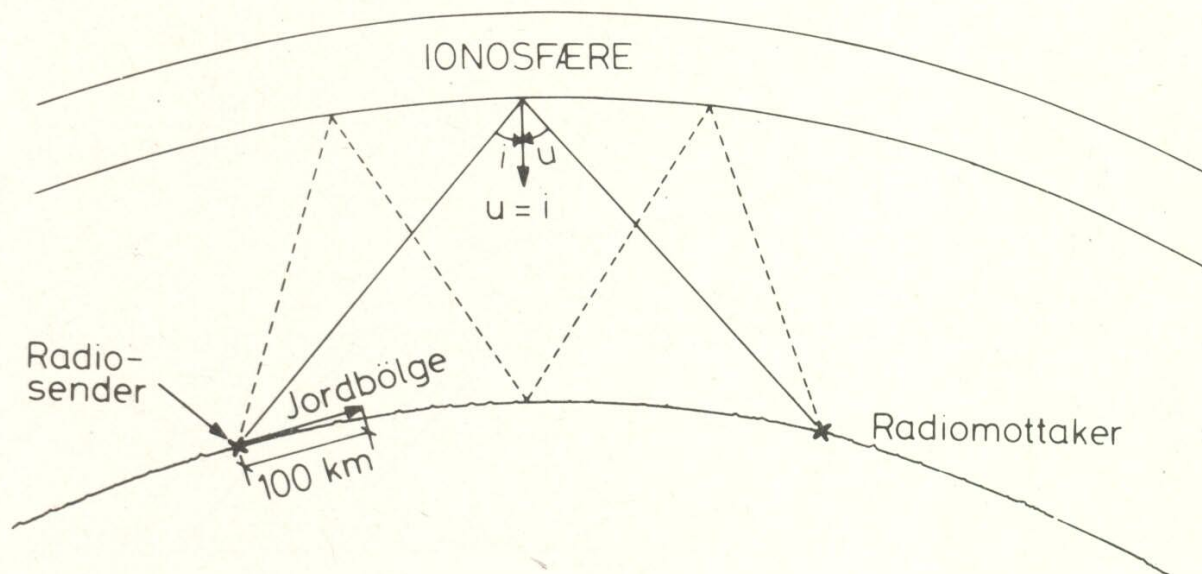


Fig. 2
Radiobølger kan utbre seg over store avstander gjennom flere påfølgende refleksjoner mot ionosfæren og bakken.

påfølgende bølgetopper, mens frekvensen angir antall bølgetopper som passerer pr. sekund.

For radiobølger i vakuum får vi følgende sammenheng mellom bølgelengde og frekvens (1 MHz = 1 Megahertz = 1 000 000 svingninger per sekund):

$$\text{bølgelengde i meter} \times \text{frekvens i MHz} = 300.$$

Radiobølger deles gjerne inn i følgende grupper:

1. Langbølge	0.1 -	0.525	MHz (30000-570 meter)
2. Mellombølge	0.525 -	1.6	MHz (570-185 meter)
3. Kortbølge	1.6 -	30	MHz (185-10 meter)
4. VHF	30 -	300	MHz (meterbølger)
5. UHF	300 -	3000	MHz (decimeterbølger)
6. SHF	3000 -	30000	MHz (centimeterbølger)

(Her står HF for «high frequency» og V, U og S for henholdsvis «very», «ultra» og «super».)

For kommunikasjon via ionosfæren kan vi benytte frekvenser fra de tre første gruppene, mens frekvenser fra de tre siste gruppene kan benyttes for «line of sight» kommunikasjon, f.eks. fra fly til kontrolltårn og for kommunikasjon gjennom ionosfæren f.eks. fra månen til jorda, satellittnavigasjon og satellitt-Tv.

Bølgens frekvens er lik svingefrekvensen for de ladningene som skaper bølgen. Frie ladninger som befinner seg i bølgefeltet vil svinge med samme frekvens. Spesielt vil ledningselektronene i mottakerantennen svinge med denne frekvensen og derved påtrykke en vekselspanning med samme frekvens på inngangen av radiomottakeren.

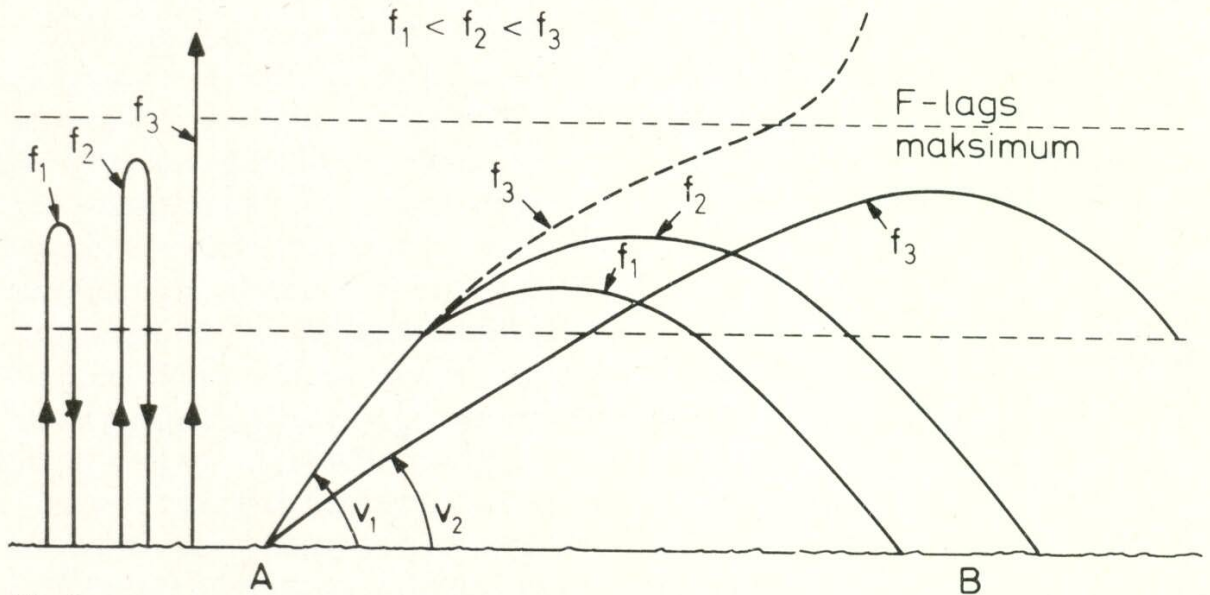


Fig. 3

Refleksjon og avbøyning av radiobølger av ulike frekvenser som treffer ionosfæren under forskjellige vinkler. Vi har at frekvensene $f_1 < f_2 < f_3$. Til venstre i figuren vises at frekvensene f_1 og f_2 reflekteres mens f_3 slipper igjennom, da f_3 er høyere enn en kritisk frekvens.

Midt i figuren sendes de samme bølger opp i en vinkel v_1 med bakken. Det samme skjer: f_1 og f_2 blir reflektert, mens f_3 forsvinner. Dersom vi lager vinkelen med bakken mindre - slik som v_2 - vil vi også kunne få frekvens f_3 reflektert.

Resultatet er at bølgen med frekvens f_3 kun kan mottas av B dersom han er langt nok unna senderen A.

En radiobølge vil bli påvirket av ionosfæren. Denne påvirkningen vil øke med økende elektrontetthet, og avta med økende frekvens.

Elektrontettheten har sin største verdi ved F-lagsmaksimum som ligger i omtrent 300 km høyde. Her er det målt verdier opp til 5 000 000 elektroner per kubikkcentimeter. Høyere oppe og lavere nede er tettheten mindre. I figur 3 viser vi skjematisk hvordan radiobølger med ulik frekvens vil utbre seg i ionosfæren når elektrontettheten varierer med høyden.

Bølger som sendes loddrett opp mot ionosfæren kan bli reflektert (kastet tilbake) dersom frekvensen er lavere enn en bestemt frekvens. Dersom radiobølgen sendes opp mot ionosfæren i en skrå vinkel, kan høyere frekvenser reflekteres. Kommunikasjon ved hjelp av atmosfæren er derfor avhengig både av radiobølgens frekvens og vinkel for utsendelsen.

Ionosfærens egenskaper varierer hele tiden. Særlig er dette tilfelle i polområdene hvor partikler fra magnetosfæren dumpes ned i atmosfæren (kap. 2) og endrer de fysiske forhold - særlig elektrontettheten, som har stor betydning for radiokommunikasjon. Det er derfor viktig å overvåke forholdene i ionosfæren slik at en kan velge riktige frekvenser for kommunikasjon. Nordlysobservatoriet er engasjert i et program for å følge med i endringer i elektrontettheten. (Det såkalte ionosondeprogrammet som er beskrevet på side 89).

Nordlysobservatoriet gjennom 50 år*

av Olav Holt

Tidlige nordlysundersøkelser

De mange forsøk på å beskrive og forklare nordlyset som en finner i eldre litteratur vitner om lange tradisjoner for denne forskningen i vårt land. Norge ble av mange oppfattet som «Nordlysets Fædreneland» som biskop Spidberg fra Kristiansand uttrykte det allerede i 1750.

Da den franske konge i 1832 skulle utstyre en ekspedisjon til Nord-Norge etter at han selv hadde gjestet landsdelen som prins, falt det naturlig å engasjere en gruppe som spesielt skulle studere nordlys. Formålet med ekspedisjonens opphold i Bossekop var først og fremst å måle nordlysets høyde. Målingene var nokså grove, men høyden ble angitt til et sted mellom 100 og 200 km. Denne såkalte «Recherche» ekspedisjonen representerer nok den første systematiske undersøkelse av nordlys som ble foretatt i Norge.

I 1868 stoppet A. E. Nordenskiöld en tid i Tromsø på veg til Svalbard, og da gjennomførte hans assistent Karl Selim Lemström en del optiske undersøkelser av nordlys, kanskje de første som ble foretatt på Tromsøya.

Allerede under Det første Internasjonale Polarår i 1882-83 ble det opprettet observasjonsstasjoner i Bossekop og Kautokeino. Planen var igjen å måle nordlysets høyde ved triangulering. Av 18 samtidige målinger på de to stedene ble høyden beregnet til 113 km.

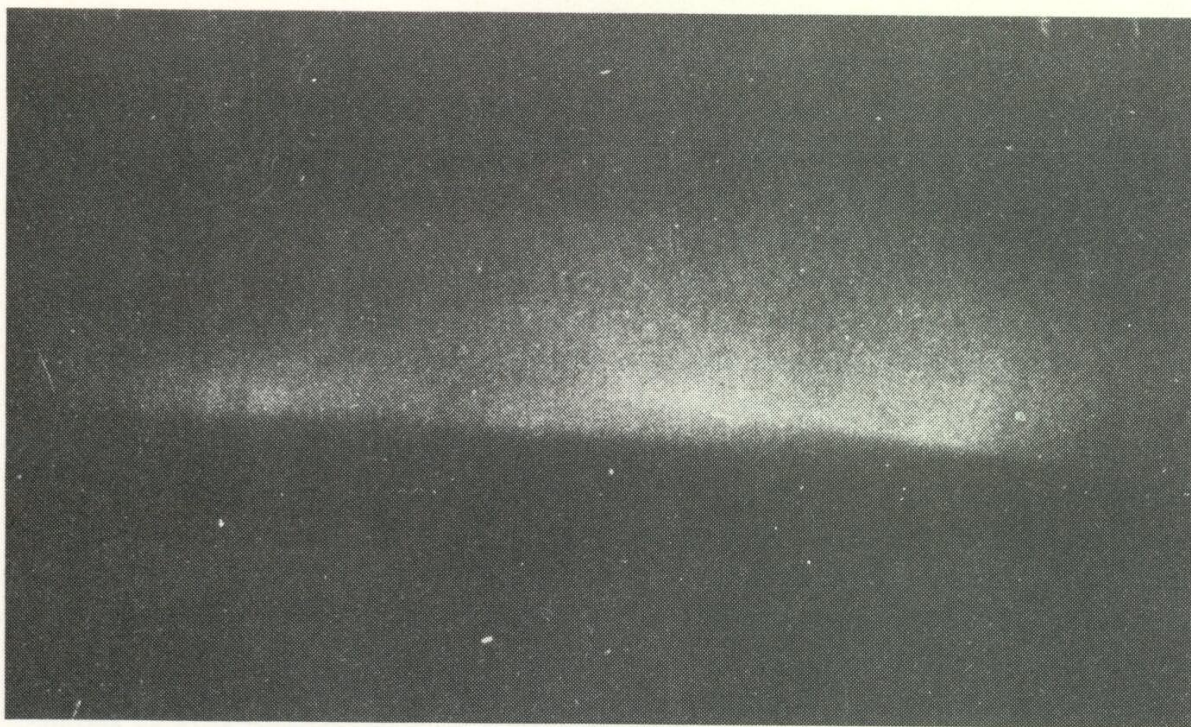
Den norske innsatsen i nordlysforskningen i 1880-årene ble ledet av den ivrige Sophus Tromholt som til dels gjorde banebrytende oppdagelser med hensyn til sammenhengen mellom nordlys og solflekker.

Fridtjof Nansen (1861-1930) gjorde også mange nedtegnelser om nordlys på sine ferder i Ishavet, og han utsmykket mange av sine bøker med vakre illustrasjoner av nordlys.

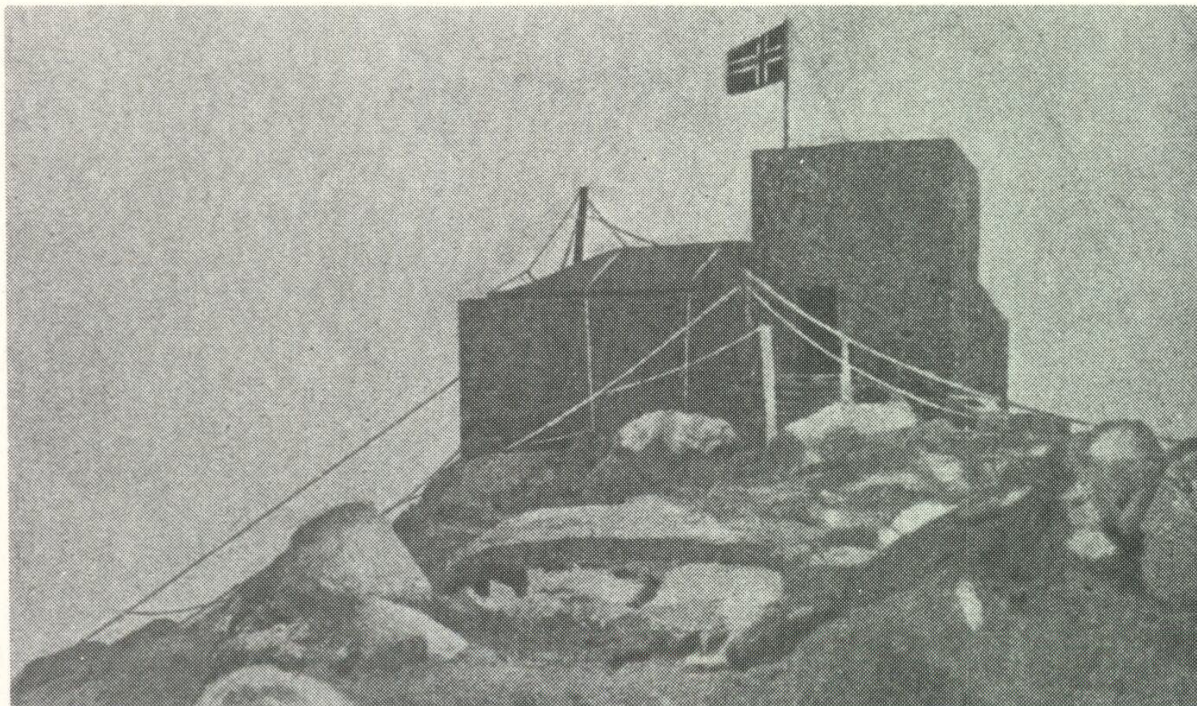
*) Mange personer har bidratt på forskjellige måter til denne korte fremstillingen av Nordlysobservatoriets historie, gjennom samtaler og skriftlige notater. Det meste av stoffet om den tidlige nordlysforskningen er hetet fra boken «Nordlyset» av Asgeir Brekke og Alv Egeland. I tillegg til disse vil jeg takke Steinar Berger, Godtfred Kvifte, Reidulv Larsen, Anders Omholt og Willy Stoffregen for deres medvirkning.



Før fotografiets tidsalder måtte en engasjere kunstnere til å gjengi naturtro bilder av nordlyset. Dette er en gjengivelse av franskmannen de Prée's bilde laget i Bossekop vinteren 1838-39. de Prée var engasjert som tegner av Bravais som ledet en nordlysekspedisjon til Finnmark på franskekongen Ludvig Filip's anmodning.



Det første fotografi av et nordlys ble tatt i Bossekop av tyskeren Brendel den 5. januar 1892. Dette inspirerte Birkeland til å forsøke å triangulere nordlysets høyde ved samtidige fotografier av en og samme nordlysform fra to steder. Birkeland mislyktes på grunn av for grove linser, mens professor Carl Størmer forbedret teknikken og triangulerte i alt 10 000 nordlysformer.



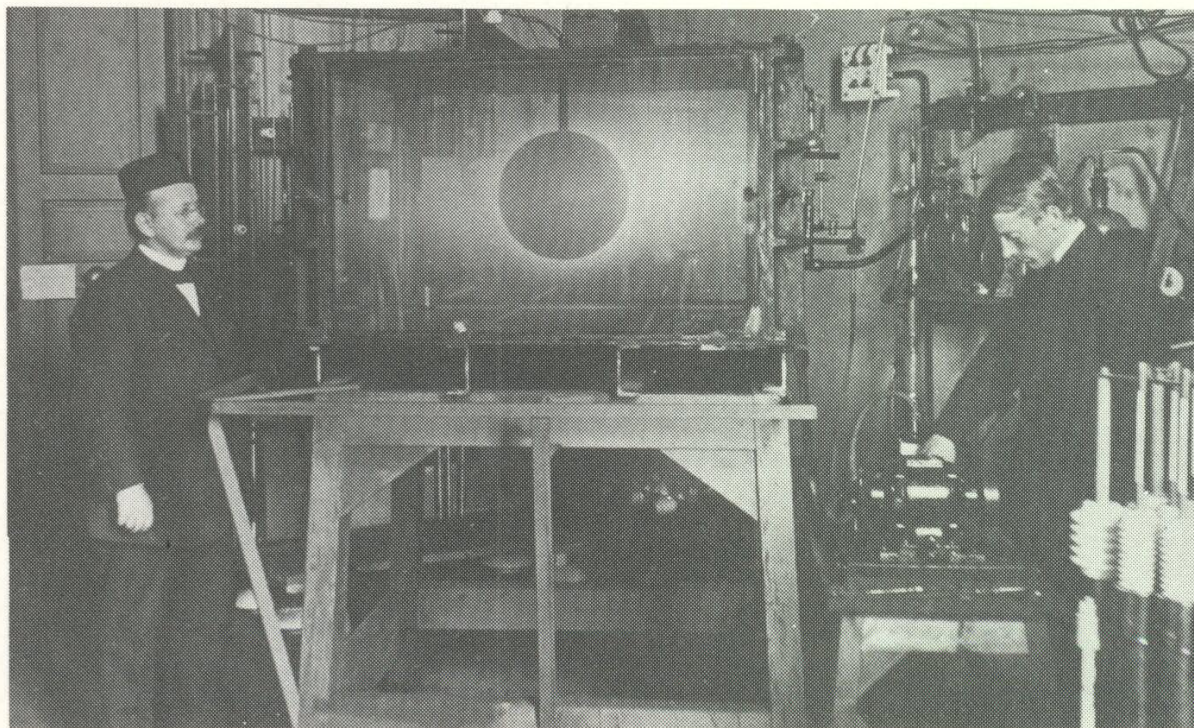
Dette er det første observasjonshus som ble bygget på Haldetoppen i 1899 for professor Birkeland. Birkeland oppholdt seg i lengre perioder på dette stedet vinteren 1899-1900.

Observatoriet på Haldde-toppen

I 1897 og -98 dro professor Kristian Birkeland på rekognoseringsstur til Finnmark for å finne passende observasjonssteder. Den første turen som var en heller miserabel affære, foregikk i traktene rundt Beskades. På den andre turen la han veien mot Haldde, og her valgte han seg ut to passende fjelltopper, Store Haldde eller Sukkertoppen og Talviktoppen, begge vel 900 meter over havet. Han søkte statsbevilgninger til bygging av to observatorier, og fikk dette slik at om sommeren 1899 var de klare til bruk.

På grunnlag av sine første resultater ble Birkeland overbevist om at et permanent observatorium burde bygges på Haldetoppen. I 1910 søkte han derfor igjen om støtte. I sin søknad til departementet la Birkeland betydelig vekt på den langsiktige nytten for værvarslingen i Nord-Norge et slikt observatorium ville få. I 1912-13 ble det nye observatoriet bygget, og dets første bestyrer var Ole A. Krogness (1886-1934). Han flyttet til Haldde med sin familie om høsten 1912, og i 1915 fikk de selskap av Olaf Devik og hans familie.

Devik var i 1914 blitt engasjert i planene for opprettelsen av et værvarslings-system i Nord-Norge. Familiene Krogness og Devik betjente observatoriet på Haldde til desember 1918 da de kunne flytte til det nye geofysiske institutt i Tromsø (Geofysen). Som ny bestyrer på Haldde-toppen ble den svenske vitenskapsmannen Hilding Köhler ansatt, og han ledet observatoriets drift til



Professor Kristian Birkeland med sitt «verdensrom» i laboratoriet for studiet av kunstig nordlys. Her er han sammen med assistent K. Devik. Jorden som her er representert ved en magnetisk kule, «terellaen», er omgitt av lysende partikler som under visse betingelser kunne samles til lysende ringe rundt polene (nordlysbeltene). «Verdensrommet» er nå plassert i inngangshallen på Nordlysobservatoriet i Tromsø.



Professor Størmer med kameraet, og hans assistent, meteorolog Kr. Birkeland, klare for en natt med nordlysfotografering. Den store klokken til venstre i bildet brukes for å bestemme eksponeringstidene.

1926. Haldde-observatoriet ble avviklet i august 1927. Haldde-observatoriets sentrale rolle i nordlysforskningen var dermed ebbet ut etter at det hadde vært mer eller mindre i kontinuerlig drift en hel mannsalder.

Geofysisk institutt i Tromsø

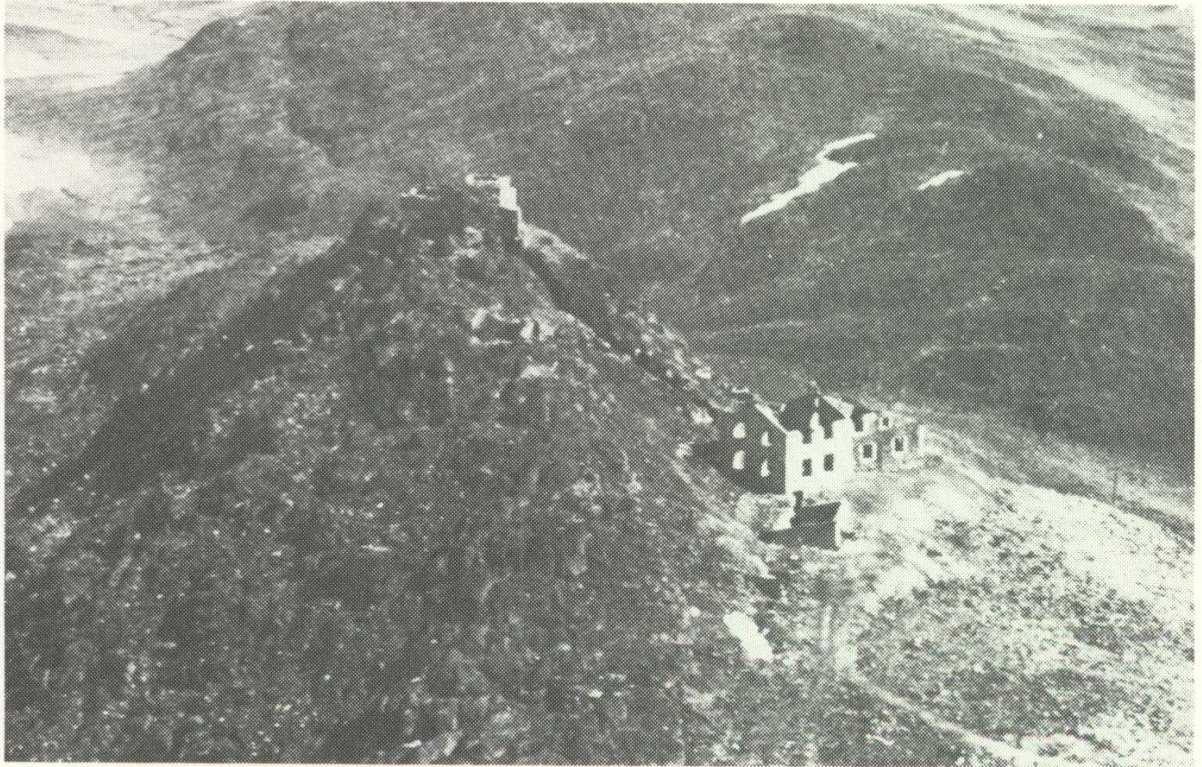
Allerede på en konferanse i Stockholm i juli 1915 hvor både Krogness og Devik var tilstede, ble det diskutert muligheten av å opprette et geofysisk institutt i Tromsø. En var etter hvert blitt klar over at det ikke var nødvendig at observasjonene ble foretatt i så store høyder som Haldde-toppen. Observasjoner av tilsvarende kvalitet kunne for eksempel tas i Tromsø. Krogness og Devik startet derfor en intens kampanje for å samle inn penger til reising av et geofysisk institutt. Flere steder i Nord-Norge hadde de betydelige kontakter, og innsamlingskomitéer ble dannet. I Tromsø besto denne av lokale betydeligheter som apoteker C. Ulstrup Dahl, konsul Joh. Rye Holmboe, stiftsamtmann Klaus Hoel og oberst Johan Nyqvist. Under deres innflytelse ble det samlet inn hele 46 500 kr fra byens borgere, og Tromsø bystyre ga gratis tomt til instituttet.

Selskapet for Geofysisk Institutt i Tromsø ble dannet ved nyttår i 1917, og om våren samme år tilbød selskapet seg å reise en bygning til disposisjon for Geofysisk Institutt. Departementet med statsråd Løvland i spissen ga saken sin tilslutning, og den 15. mai 1917 ble innstillingen enstemmig vedtatt i Stortinget. Punkt I lyder: «Stortinget samtykker i at der opprettes et geofysisk institutt i Tromsø, hvorunder legges det magnetiske-meteorologiske observatorium på Haldde». Det nye Geofysiske Institutt i Tromsø ble fullført våren 1919. Krogness ble ansatt som instituttets første direktør og Devik som leder for værvarslingen.

Nordlysobservatoriet blir til

Det ble naturligvis arbeidet med værvarslingen i Nord-Norge som ble tillagt mest vekt ved det nye instituttet i Tromsø. Både Krogness og Devik var jo blitt inspirert av Birkelands arbeide med nordlys og de geomagnetiske undersøkelserne, slik at interessen for disse fenomenene var også tilstede ved «Geofysen» i den grad de kunne avse noe av tiden til det.

Lars Vegard (1880-1963), en annen av Birkelands tidligere assistenter, kunne konsentrere sitt arbeid i større utstrekning om nordlyset, og han skulle sammen med Carl Størmer (1874-1957) komme til å drive de optiske nordlysundersøkelser til en av Norges paradegrener innen fysikken. Til sine spektralundersøkelser hadde Vegard skaffet til veie et instrument med langt høyere kvalitet



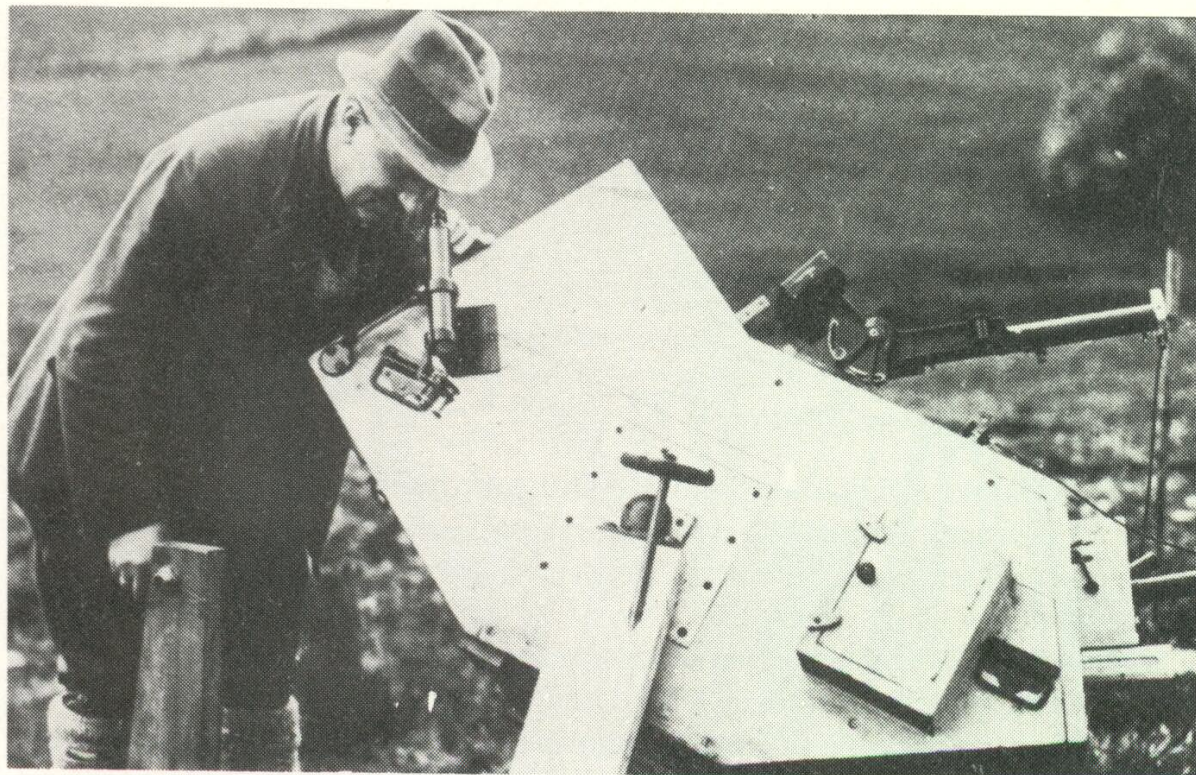
Nordlysobservatoriet på Haldde-toppen ved Kåfjord i nærheten av Alta var forløperen for Nordlysobservatoriet i Tromsø. Det ble bygget i 1912-13 etter en bevilgning på kr. 30 000,-, og var i drift frem til 1928. Under krigen ble observatoriet ødelagt og alt av treverk brent. På selve toppen ser vi «observasjonstårnet» hvor instrumentene var montert. Fra denne går det en grøft – som i virkeligheten var en overbygget tunnell ned til bolighuset – slik at observatørene kunne komme fram mellom husene selv i de kraftigste stormbyger. I hovedhuset var det leiligheter for bestyrer og assistenter.

enn hva som hadde vært vanlig tidligere. Fra 1922 ble dette utstyret plassert på taket av «Geofysen». Den plassen som Vegard fikk til rådighet på instituttet ble etter hvert for liten, og han så seg om etter nye muligheter.

Den 24. februar i 1925 søkte han «The International Education Board» eller Rockefellerstiftelsen om bidrag til å opprette et nordlysobservatorium i Tromsø-området. I mai 1927 bevilget Rockefellerstiftelsen 75 000 dollar til bygninger og utstyr.

Forutsetningen var at observatoriet skulle eies av Staten ved Kirke- og Undervisningsdepartementet, og at Staten skulle garantere en driftsbevilgning på ca. 12 000 dollar årlig. Tromsø og Tromsøysund kommuner ga vederlagsfritt grunn til observatoriet.

For å få en pålitelig og fast ordning som sikret kyndig ledelse av observatoriet, ble «Det Norske Institutt for Kosmisk Fysikk» (NIKF) opprettet, med statutter godkjent av Stortinget. NIKF skulle være et sentralt organ for norsk forskning vedrørende nordlys og fenomener forbundet med dette. Ved siden av



Lars Vegard (1880-1963) ble utnevnt til professor i fysikk i 1918. Her er han i arbeid med sin spektrograf. Vegard arbeidet med studier av nordlysets fargesammensetning. Det var Vegards innsats som førte til opprettelsen av Nordlysobservatoriet i Tromsø. Han var formann i styret for Norsk Institutt for Kosmisk Fysikk som blant annet omfattet Nordlysobservatoriet i årene 1930-1956.

Nordlysobservatoriet, skulle NIKF også ha ansvaret for Magnetisk Byrå i Bergen.

Instituttet ble ledet av et styre på 5 medlemmer. Av disse var bestyreren i Tromsø og Bergen medlemmer *ex officio*, mens de tre andre ble oppnevnt av departementet. Fra 1930 til 1956 var professor Lars Vegard formann i NIKF's styre.

Forskningsprogrammet, slik det i hovedtrekkene ble formulert i begynnelsen av 1930-årene, var omtrent som følger:

1. Nordlysundersøkelser
2. Jordmagnetiske undersøkelser
3. Registrering av elektriske strømmer i jorden
4. Undersøkelser av luft-elektrisitet og den gjennomtrengende stråling.
5. Undersøkelse av den mulige innflytelse av nordlys og magnetiske forstyrrelser på utbredelsen av elektromagnetiske bølger, heri innbefattet studiet av de elektrisk ledende lag i atmosfæren
6. Forekomsten av ozon, dets fordeling i atmosfæren og forbindelse med solstrålingen.

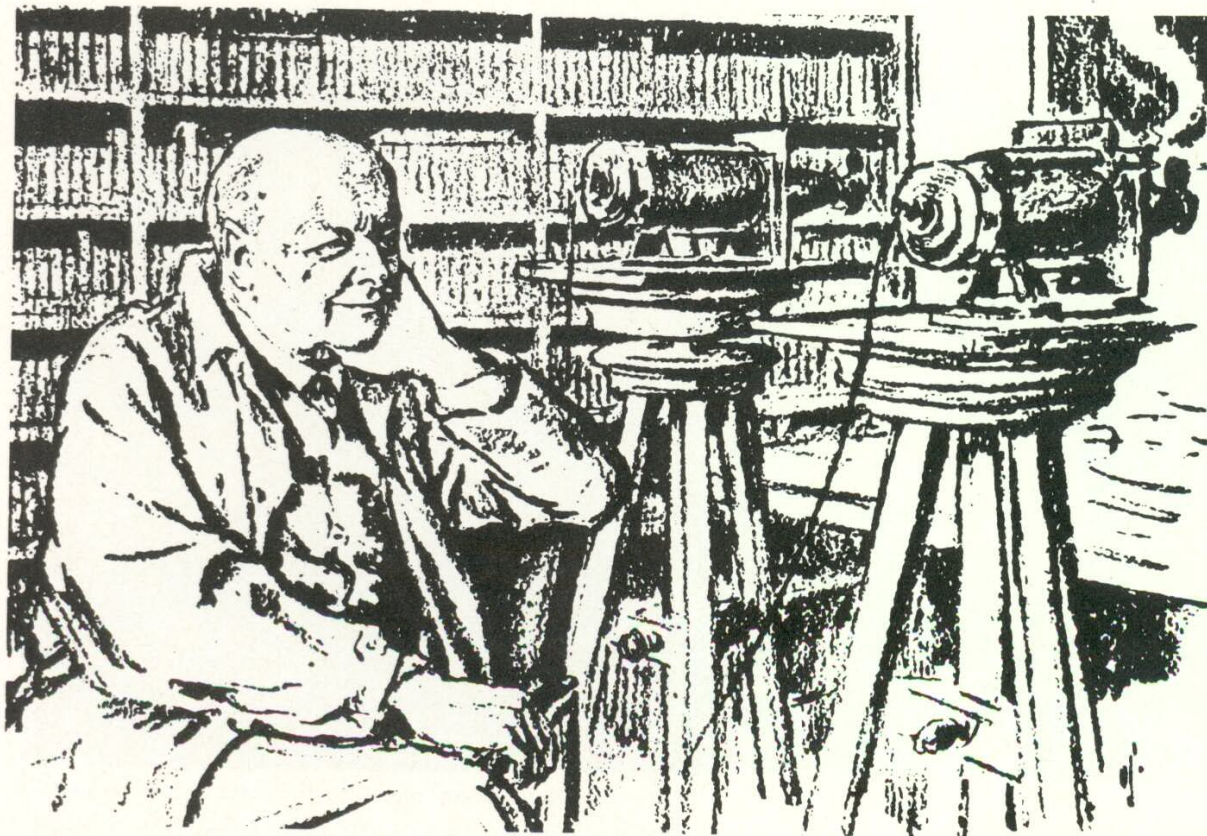
Nordlysobservatoriets første bygning sto ferdig i 1928. Den første bestyrer, Leiv Marius Harang (1902-1970), ble ansatt fra 1. juli 1928. Arbeidet ved observatoriet kom delvis i gang i 1929, men den offisielle åpning fant sted først sommeren i 1930.

Det første tiår

Det første punkt i NIKF's program gjaldt nordlysundersøkelser. Med dette mente en nok spektroskopiske undersøkelser av nordlyset og nordlysfotografering, som siktet på å bestemme nordlysets former, høyde, utbredelse og hyppighet.

Ved siden av sine matematiske beregninger for å knytte nordlysfenomener til energirike partikler som trenger inn i det jordmagnetiske felt, hadde professor Carl Størmer også vært en foregangsmann i praktisk arbeid med fotografering av nordlys. Særlig hadde han interessert seg for høydebestemmelse av nordlyset ved samtidig fotografering fra to forskjellige steder. Spektrografiske undersøkelser av nordlyset hadde professor Lars Vegard allerede i mange år vært opptatt av. Observatoriet hadde allerede fra starten av datidens mest moderne instrumenter for fotografering og spektroskopi, og under ledelse av Leiv Harang og Einar Tønsberg, foregikk det et utstrakt observasjons- og forskningsarbeid på disse feltene, i samarbeid med Størmer og Vegard. Likeså ble det satt opp utmerkede instrumenter for registrering av det jordmagnetiske felt, og resultatene fra disse rutinemessige målingene ble fra første stund publisert i årlige rapporter fra observatoriet.

Ionosfærefysikken — undersøkelser av de elektrisk ledende lag i den øvre atmosfære ved hjelp av radiobølger — var den gang en meget ung forskningsgren. Harang var meget interessert i å introdusere denne i Norge, og så nok klart den spesielle interesse dette vil ha i forbindelse med nordlysundersøkelsene. Besøk av to utenlandske ekspedisjoner under det «Annet Polarår» i 1932-33 fikk stor betydning. Den britiske ekspedisjon, fra den senere Nobelprisvinneren E. V. Appletons gruppe, hadde allerede betydelig erfaring på området, og brakte med seg utmerket utstyr, deriblant en ionosonde. Nordlyssonen var jomfruelig grunn for slike undersøkelser, og utbyttet av den britiske ekspedisjonen var utvilsomt betydelig. Deltagerne i den tyske ekspedisjonen var mere for nybegynnere å regne. Det mest bemerkelsesverdige er kanskje at de brakte med seg en, riktignok primitiv, fotocelle, som skulle brukes til å registrere nordlysintensiteten, samtidig med radiomålingene. Mange år senere viste denne kombinasjonen seg å gi fruktbare resultater. Den tyske ekspedisjonen ble nok også hemmet av den politiske situasjonen. Etter tilbakekomsten til Berlin ble

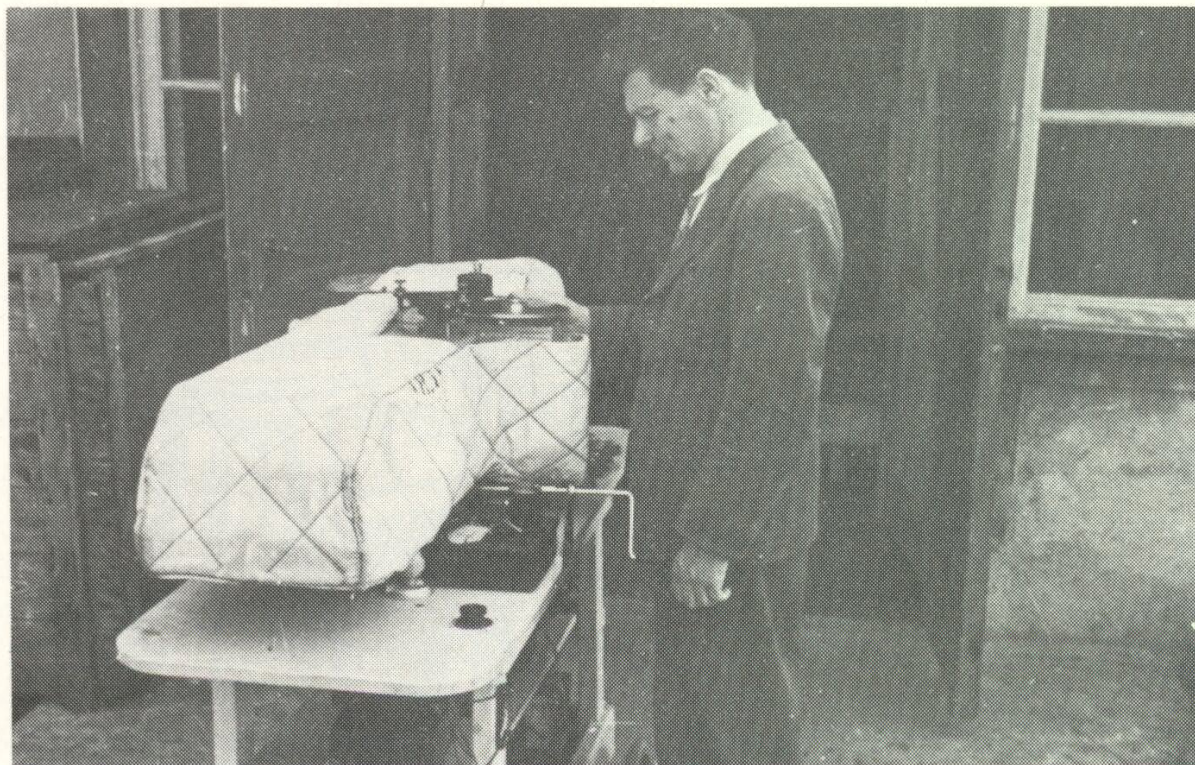


Professor Carl Størmer i arbeid med utmåling av nordlysets høyde. Bildene ble forstørret ved hjelp av to prosjeksjonsapparater. Tegnet av Øyvind Sørensen.

den ene av deltagerne, Willy Stoffregen, utelukket fra å delta i bearbeidelsen av resultatene. Stoffregen reiste snart etter fra Tyskland til Oslo, der han arbeidet ved en radiofabrikk, og drev ionosfærefysikk på kveldstid. I 1937 kom han på Harangs invitasjon til Tromsø, der han arbeidet ved Nordlysobservatoriet frem til 1940.

Da den britiske ekspedisjonen dro, forærte den sin ionosonde til Nordlysobservatoriet. Dette satte Harang i stand til å utfolde sin interesse for ionosfærefysikken. I 1937 publiserte han et arbeid om ionosfæriske variasjoner under jordmagnetiske forstyrrelser. I dag kaller vi dette en ionosfærisk substorm, og dette har vært et sentralt begrep i de siste 15 års ionosfæreundersøkelser.

Einar Tønsberg startet målinger av ozon-innholdet i atmosfæren i 1935, med en spektrograf utlånt fra dr. Dobson ved Oxford University. Dr. Dobson hadde vært i Tromsø i 1934 og foretatt målinger for å bestemme den vertikale fordeling av ozon ved høye breddegrader. Høsten 1939 fikk observatoriet en ny type ozonspektrofotometer, også utviklet av dr. Dobson. Denne var i bruk helt frem til 1968. Observatoriets instrumentmaker, Magnus Jacobsen, bygget også en spektrograf for ozonobservasjon ved hjelp av stjerne- og månelys. Tønsberg



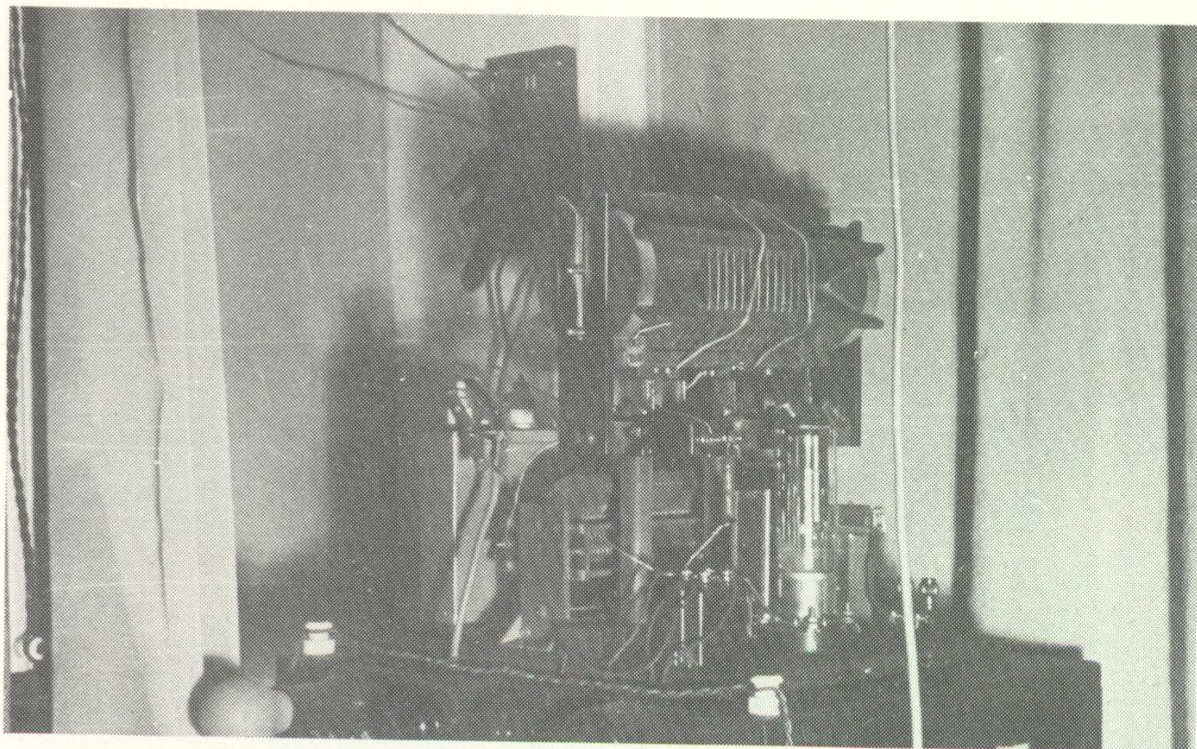
Amanuensis Einar Tønsvang måler ozon ved hjelp av sollys. Instrumentet er et Dobson spektrometer. Bildet er tatt i 1945, og observatoriet bærer preg av mangel på maling gjennom krigsårene.

hadde i sitt arbeid med ozonmålingene hypoteser om en tilknytning mellom variasjoner i ozonfordelingen og vær- og klimaforholdene. I de senere årene har disse ideer fått ny aktualitet, om enn ut fra litt andre forhold enn Tønsvang hadde i tankene.

Staben ved observatoriet var i denne tiden ikke stor. I tillegg til dem som allerede er nevnt, Harang, Tønsvang og Jacobsen, var Anna (Pedersen) Jaklin ansatt som sekretær fra 1935. I tillegg hadde en noe personell lønnet av forskningsmidler i enkelte perioder. Stoffregen var engasjert på denne måten.

Krigsårene 1940-45

Harang og Stoffregen fra Nordlysobservatoriet hadde i 1939, sammen med Brox og Pedersen fra Vervarslinga for Nord-Norge, startet en radiofabrikk, Polar Radioindustri. Hensikten var å produsere mottakere og sendere for fiskeflåten. Etter krigsutbruddet 9. april ble tilgjengelig personell satt inn i denne virksomheten for å produsere sendere for de norske styrker. Disse senderne ble benyttet i kampene i Narvik-avsnittet. Batterimottakere hos befolkningen i Harstad, Finnsnes og Tromsø ble rekvirert, og ombygget til å

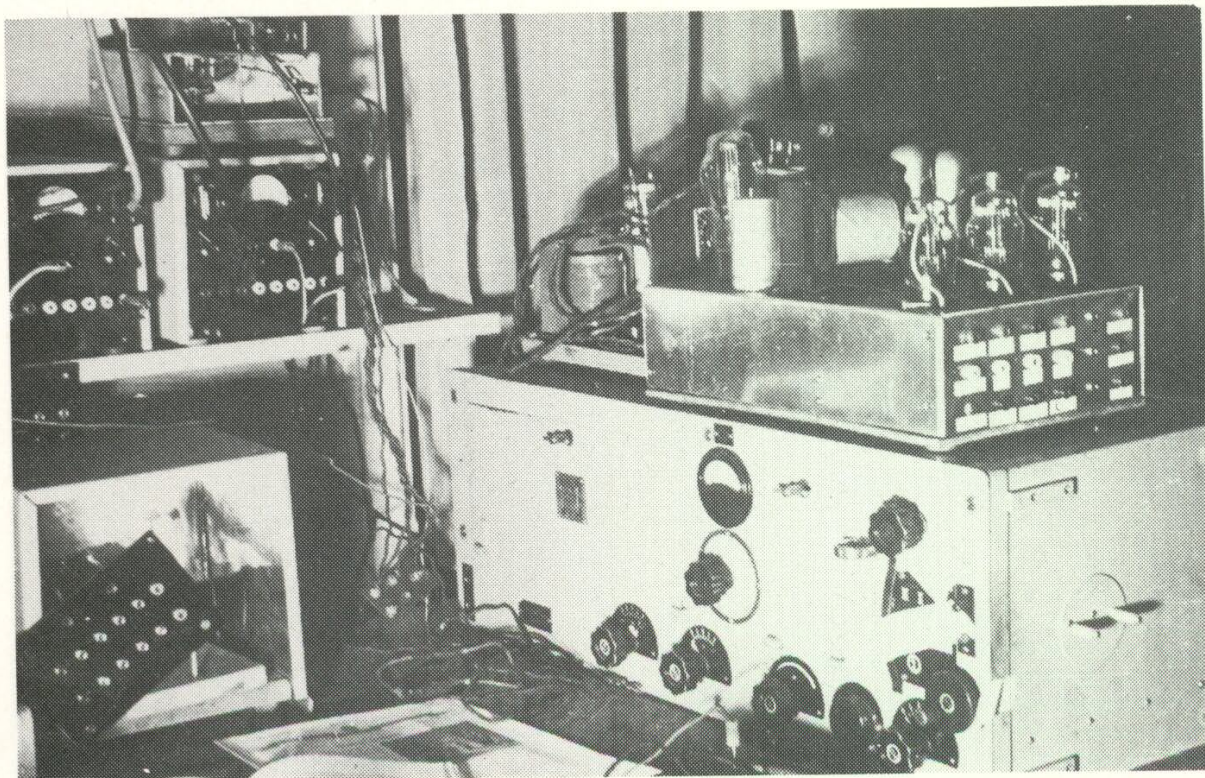


Utgangstrinnet i senderen til ionosfæreapparatet som var i bruk ved observatoriet fra 1935-1950. Senderen viser tydelig den elektroniske oppbygning fra denne tiden.

motta telegrafi, for feltbruk i de norske styrkene. Den første tiden foregikk denne produksjonen i observatoriets kjeller, men ble senere flyttet til byforsvarets hovedkvarter i «Håndverkeren». Det tyske sambandsmateriell som ble tatt under krigshandlingene ved Narvik ble også sendt til observatoriet, der norske sambandsfolk tok seg av det. Dette var utstyr av god kvalitet, og en del kom i bruk i de norske styrkene. Før kampene i Nord-Norge ble avsluttet, ble resten ført med Vervarslingens ekspedisjonsbåt «Zoe» og dumpet utenfor Malangen.

Det ble i det hele gjort en stor innsats ved observatoriet i de to månedene kampene varte. Willy Stoffregen, som var tysk statsborger, måtte etter 7. juni flykte. Sammen med en norsk telegrafist tok han seg over til Finland, der han var i ca. et år, før han flyttet til Uppsala i Sverige.

Observatoriets vanlige virksomhet fortsatte på et vis i krigsårene. De tyske okkupantene var interessert i at ionosfæreobservasjonene skulle gå sin gang — de var av interesse for militære radiosamband. I begynnelsen brukte en tysk avdeling observatoriets ionosonde til daglige målinger. Senere satte den tyske avdelingen opp en egen ionosonde, på Maristua, noen hundre meter fra observatoriet. Denne var ferdig i 1942, og det ble da problemer med tillatelse til fortsatt drift av ionosonden på observatoriet. En annen ionosonde ble operert i Gausvik av Kåre Langlo, (hovedfagstudent ved observatoriet siden før krigsutbruddet og stipendiat fra 1942.) Denne ionosonden ble nå beordret nedlagt av



Fra radiatorommet på observatoriet i juni 1943. Til høyre i bildet en langbølgemottaker lånt fra værvarslinga for Nord-Norge. Etter at mottakeren var satt opp og innstilt for atmosfæriske registreringer ble den behørig forseglet og stemplet av Gestapo-offiserer.

okkupantene, og utstyret ble forseglet av det tyske Sicherheitspolizei, sammen med en del annet radiomateriell.

De optiske nordlysundersøkelser, de magnetiske registreringene og osonmålingene representerte ikke noen lignende «trussel» mot okkupasjonsstyrkene, og fortsatte uhindret, bortsett fra vanskeligheter med å skaffe registreringspapir og fotografisk materiell. Harangs første systematiske arbeider med magnetiske pulsasjoner startet i disse årene. Tyskerne rekvirerte ikke observatoriets bygninger. Delvis skyldes vel dette at de lå såvidt langt fra sentrum, men kanskje også at den avdelingen av Luftwaffe, som hadde ansvar for de tyske ionosondeobservasjonene, hadde en viss interesse i at driften av observatoriet fortsatte.

På siden av denne fortsatte daglige drift av observatoriet foregikk også en betydelig illegal virksomhet. Plomberingen av langbølgesenderen ble nevnt ovenfor. Det tyskerne ikke visste var at ionosfæreapparatene som sto i det samme rommet, allerede var modifisert for at en skulle kunne høre de norske nyhetssendingene fra BBC. Dette pågikk under hele krigen, problemet var av og til å begrense antall tilstedeværende.

Det foregikk imidlertid også mer alvorlig illegal virksomhet. I juni 1943 fikk Harang besøk av en agent fra den norske legasjonen i Stockholm. Han hadde



Dette er et bilde av observasjonsplatået tatt fra taket av observatoriet i april 1941. Til høyre for Kåre Langlo er koblingstavle for varmestrøm til spektrografene. På tavelen hadde en også tilkoblingsboks for telefon som ble brukt under samtidig fotografering av nordlys i Tromsø og på Tennes i Balsfjord (som Steinar Jensen tok seg av). Til venstre for Langlo stikker en spektrograf frem av sneen, de andre instrumentene er helt dekket av sne.

med seg fotoutstyr, film og en større pengesum (10 000 kr), som skulle brukes til forsendelse av film via de etablerte ruter til Sverige. I samarbeid med norske etterretningsagenter fra Secret Intelligence Service ble det foretatt fotografering av dokumenter, anleggstegninger og andre opplysninger som ikke kunne sendes ved radiotelegrafi. Reidulv Larsen, som var ansatt ved observatoriet fra 1941, var kontaktmann ved etterretningsgruppen. Arbeidet foregikk i observatoriets fotorom som også ble brukt av tyskerne til fremkalling av registreringer! Dette gikk bra fordi det var godtatt at en låste døren når en holdt på med fotoarbeid. Fotoapparater, film og penger ble gjemt i magnethuset. I fotorommet i kjelleren foregikk også annet hemmelig arbeid, som reparasjon av radioutstyr.

Utover høsten 1944 ble mange nordmenn i Tromsø-området tatt som sikringsfanger. I januar 1945 ble Harang hentet av representanter fra det norske statspolitiet og sendt til Berlin. Under foregivende av å gi nødvendige instruksjoner om observatoriets drift, fikk han meddelt Reidulv Larsen hvor den siste dokumentfilmen var gjemt. Det viste seg at Harang ikke var arrestert for sin illegale virksomhet. Han ble internert i Berlin i relativt frie former. Selv om Berlin var et særdeles utsatt sted i denne fase av krigen, benyttet Harang



Nordlysobservatoriet slik det så ut i 1941. Tårnet til høyre ble brukt til oppsetting av antenner.

tiden til å foreta beregninger av variasjoner i det jordmagnetiske felt! En kan etterpå spekulere på om tyskerne kanskje anså Harang som en så viktig vitenskapsmann at han måtte «reddes» unna russerne før det ble for sent.

Arbeidet ved observatoriet, både det vitenskapelige og det illegale, fortsatte frem til krigens slutt. Det var en viktig og også ganske dramatisk periode i Nordlysobservatoriets historie som med det ble brakt til avslutning.

Etterkrigsårene

Einar Tønsberg (1900-1970) overtok bestyrerstillingen ved Nordlysobservatoriet i 1946, da Leiv Harang ble utnevnt til forskningssjef ved Forsvarets Forskningsinstitutt. Under Tønsbergs ledelse fortsatte virksomheten på de samme områder som tidligere. Bemanningen var jo i minste laget for alle de oppgaver som forelå. Det var derfor naturlig å arbeide for et nært samarbeid med forskere ved institusjoner i Sør-Norge. Dette gjaldt selvsagt NIKF's avdeling i Oslo og Bergen, men også forskere fra universitetene i disse byene og fra Forsvarets Forskningsinstitutt. Harang var fortsatt aktiv i Tromsø. En rekke studenter utførte arbeid med hovedfagsoppgaver ved Nordlysobservatoriet i denne tiden. En hadde også besøk av utenlandske grupper. Ved siden av

sitt eget vitenskapelige arbeid så Tønsberg det som en viktig oppgave å legge forholdene til rette for de yngre forskerne. Han skaffet stipendier og arbeidsmuligheter. De institusjonelle og personlige bånd som ble skapt i denne tiden var mye av grunnlaget for den sterke ekspansjonen innen kosmisk geofysikk som kom i stand i 60-årene, der Nordlysobservatoriet, tross sin beskjedne størrelse, kom til å spille en sentral rolle.

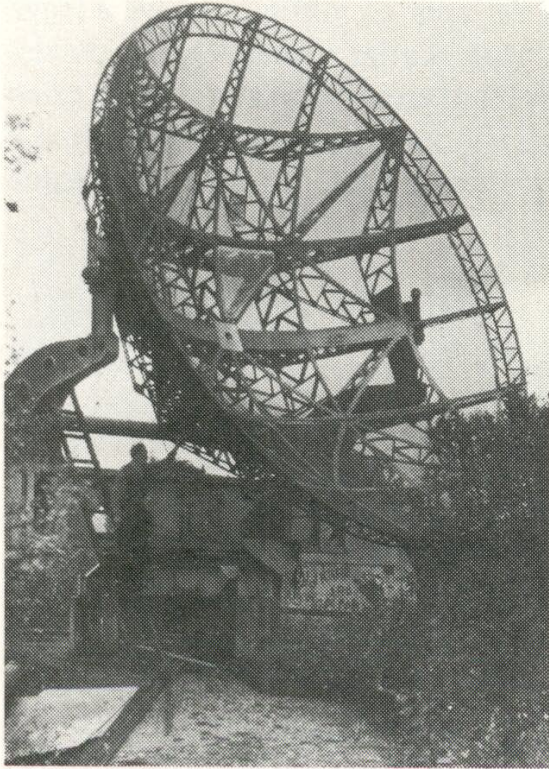
Det internasjonale geofysiske år

I årene 1957-58 ble det organisert en omfattende intensivering og koordinering av geofysisk forskning verden over, under betegnelsen Det internasjonale geofysiske år, eller forkortet IGY. Innen den kosmiske geofysikk var Nord-Norge et viktig og interessant observasjonsområde i dette samarbeidet. En ny bygning ble reist ved observatoriet for å bedre arbeidsmulighetene under IGY. Det var radiolaboratoriet — en liten trebygning som nå tjener som kantine for de ansatte.

Flere nye instrumenter ble tatt i bruk i denne perioden. Feltstasjoner ble opprettet, og besøk fra Sverige ble hyppigere og mer omfattende. I 1959 ble det i samarbeid med FFI bygget en feltstasjon i Lavangsdalen, særlig beregnet på radiundersøkelser av ionosfæren, der det krevdes et meget lavt radiostøynivå.

Nordlysforskning i uvante omgivelser. Steinar Berger og Reidulv Larsen sitter her og venter på at en sandstorm (ikke snøstorm) utenfor skal gi seg før de kan pakke ut instrumentene. Fra Saharaekspedisjonen 1962.





Radaranenne - opprinnelig krigsbytte fra Vigra festning i 1945. Denne ble brukt til å studere signaler fra nordlysutbrudd før antenneanleggene i Lavangsdalen og på Ramfjordmoen ble bygget.

Nordlysobservatoriet spilte også en rolle i forbindelse med opprettelsen av rakettskytefeltet i Oksebåsen på Andøya. I den første tiden var samtidige optiske observasjoner og magnetiske registreringer i Tromsø til stor hjelp ved rakettoppskytningene. Selv om en nå har fått mye utstyr også av denne typen ved skytefeltet, har en viss «samkjøring» fremdeles aktualitet. Interessant er det også å merke at observatoriets ekspertise fikk anvendelse på helt andre breddegrader.

I mai 1960 deltok Steinar Berger og Reidulv Larsen sammen med Leiv Harang og Ove Harang i en fransk ekspedisjon til rakettskytefeltet Colomb-Béchar i Algerie. Formålet var å foreta målinger av de spektrallinjer som framkommer i den øvre atmosfæren ved detonasjoner av små mengder TNT. Observatoriets nye gitterspektrograf ble

medbrakt til formålet. Det norske utstyret fungerte perfekt, men sprengladningene sviktet, og det vitenskapelige utbyttet ble derfor minimalt. Ekspedisjonen ble imidlertid gjentatt i 1962, og da med stort utbytte.

Midt i 60-årene var observatoriet fremdeles lite, hva angår bemanningen. En ny bygning var kommet til — optikk-bygget — med observasjonsplattform på taket, og godt med rom i forbindelse med dette, noe som ga meget bedre observasjonsmuligheter. Instrumentparken var også en del forbedret, men det var klart at det var behov for fornyelser. De første satellittene hadde åpnet nye forskningsmuligheter — en mottagerstasjon for satellittdata i Tromsø var en tanke som snart meldte seg. Det ble i lengden utilfredsstillende å se på Nordlysobservatoriet bare som en eksklusiv feltstasjon.

Antall ansatte hadde ikke øket etter krigen. Steinar Berger var ansatt som observatoriefullmektig fra 1947, og Arne Olsen som teknisk assistent fra 1957. Men etter at Anna Jaklin sluttet i 1946, hadde en bare hatt engasjert personell lønnet av forskningsmidler i kontorsektoren. Ellers hadde en del forskere i forskjellige perioder vært knyttet til observatoriet i stipendiat- eller amanuensisstillinger: John Frøshaug, Bjørn Landmark, Søren H. H. Larsen, Anders Omholt, Johan Figenschou, Arne Moe og Ove Harang. En sterkere bemanning i den daglige driften måtte nå til, og dette skulle da også komme ganske snart.

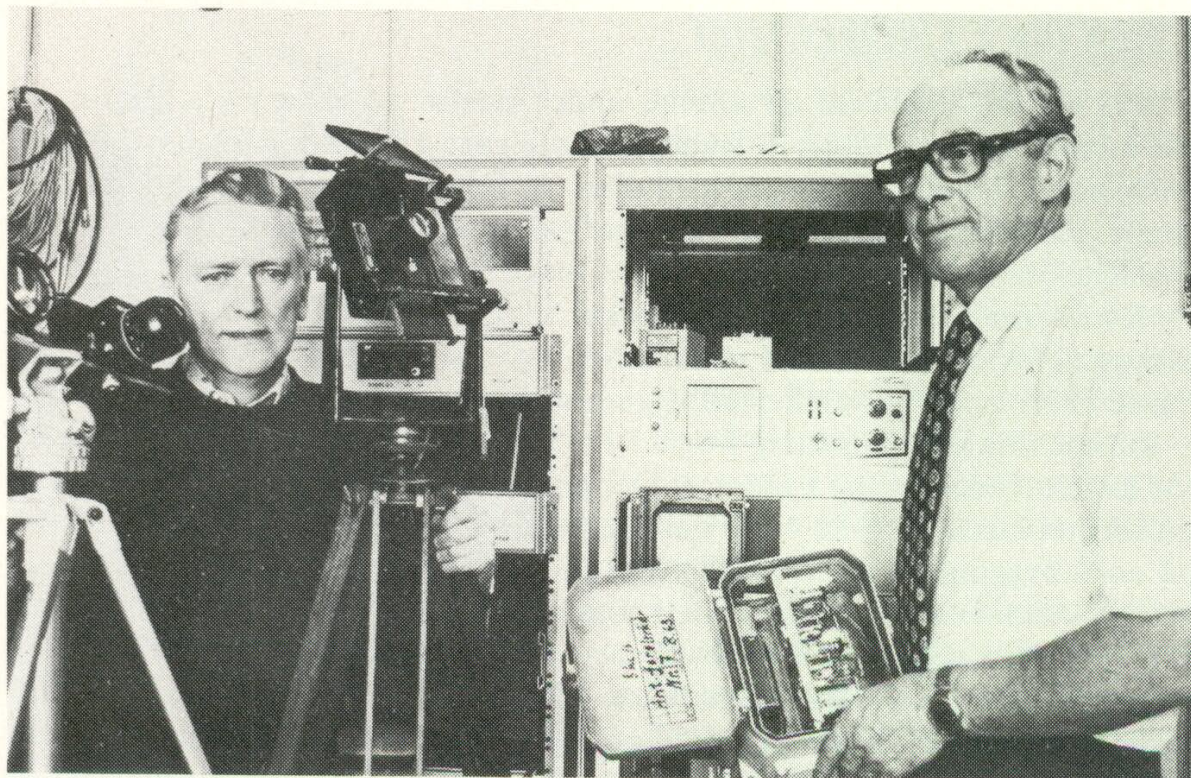
Veien inn i Universitetet

I 1963 ble det oppnevnt en komité under ledelse av daværende rektor ved Universitetet i Oslo, Johan T. Ruud, med oppgave å vurdere mulighetene for et universitet i Tromsø. Et utvalg med direktør Finn Lied som formann utredet i denne forbindelse den kosmiske geofysikks stilling i Norge, og spesielt Nordlysobservatoriets fremtidige rolle. Denne utredningen som gikk som bilag til Ruud-komitéens innstilling, påpekte klart behovet for en snarlig sterk utbygging av observatoriets virksomhet, og den sentrale stilling dette faget burde få innenfor universitetsutbyggingen i Tromsø.

Ruud-komitéens innstilling forelå i 1965, og var meget positiv til muligheten for høyere undervisning i Tromsø. Det politiske vedtak om opprettelsen av et universitet kunne en ikke vente umiddelbart, men det syntes nå rimelig å satse på en utbygging av de forskningsintitusjoner som allerede fantes i Tromsø. Norges Almenvitenskapelige Forskningsråd (NAVF) så straks sitt ansvar i denne forbindelse. Sammenlignet med bevilgningene til universiteter og høyskoler var ikke statsbevilgningene til Nordlysobservatoriet utilfredsstillende. Men uten et Stortingsvedtak om opprettelse av Universitetet i Tromsø kunne en ikke vente noen vesentlig øking av posten som innebar langsiktige forpliktelser. NAVF, med sin friere stilling, kunne tre til med en betydelig støtte når det gjaldt oppbyggingen av en moderne instrumentering, og også med stipendiatstillinger. En vesentlig styrkelse av miljøet var det også at NTNMF på denne tiden opprettet satellitt-telemetristasjonen i Tromsø, i tilknytning til Nordlysobservatoriet. Arbeidet ved stasjonen i de første årene var nær knyttet til nordlysforskningen. For det tekniske personell var den nære tilknytning til telemetristasjonen i disse årene av stor verdi.

En alvorlig vanskelighet var det at bestyrer Tønsbergs plutselige sykdom hindret ham i å fortsette ledelsen av observatoriet. Ved imøtekommenhet fra Universitetet i Oslo kunne professor Anders Omholt flytte til Tromsø og overta bestyrerstillingen. Forsvarets forskningsinstitutt viste også stor velvillighet ved å postere forskere ved observatoriet uten andre forpliktelser enn at de skulle bidra etter beste evne til den vitenskapelige virksomhet. I 1966 økte således antall forskere knyttet til Nordlysobservatoriet i den daglige virksomhet fra 2 til 7, og det totale personalet fra 5 til nærmere 20. Det blir ikke lenger mulig å nevne dem alle ved navn. Ved siden av den kraftige vekst ved elektronikklaboratoriet, skjedde også en kraftig styrking av den mekaniske verkstedutrustningen, og en fikk ansatt en egen mekaniker. Kontorsektoren fikk igjen fast bemanning.

Da Stortinget i 1968 besluttet at det skulle opprettes et universitet i Tromsø, hadde fysikkfaget fått en «flying start». Det ble i stortingsproposisjonen slått fast at Nordlysobservatoriet skulle innlemmes i Universitetet, og en forutsatte at en bygget videre på den faglige virksomhet som allerede var i gang. Den organisasjonsform som ble valgt ved Universitetet i Tromsø utelukket muligheten av at observatoriet kunne gå inn som et eget institutt. Fagene fysikk,



De to lengst ansatte ved Nordlysobservatoriet med over 30 års tjenestetid. Steinar Berger (til venstre) ble ansatt i 1947 og har blant annet ansvar for nordlysfotograferingen og de magnetiske registreringene ved observatoriet. På bildet viser han frem to moderne 35 mm kameraer og det gamle nordlyskameraet til Størmer – med en blikkplate til lukker.

Reidulv Larsen ble første gang ansatt som Leiv Harangs assistent i 1941 – og har fulgt med i utviklingen av elektronikk og radioteknikk. Nå er han leder for elektronikklaboratoriet som bygger instrumenter – spesielt til de avanserte radioeksperimentene på Ramfjordmoen.

matematikk, kjemi og databehandling ble samlet i ett institutt: Institutt for matematiske realfag (IMR). Nordlysobservatoriet måtte finne en plass innen dette instituttet. Forhandlingene om dette gikk greit, de ansatte ved observatoriet ble overført til universitetet, og observatoriets tradisjonelle virksomhet ble garantert en plass innenfor IMR. Oslo-avdelingen bød på et lite problem. En ønsket å holde på den gode kontakten dette representerte til forskningsgruppene i Sør-Norge. Til å begynne med ble derfor NIKF's avdeling i Oslo opprettholdt, men formelt slik at den var underlagt Universitetet i Tromsø. Etter som det ble færre nye stillinger til Tromsø, fremsto imidlertid snart et ønske der om å flytte hele Oslo-avdelingen til Tromsø. Dette møtte imidlertid motstand fra de ansatte i Oslo, og det hele endte med at Oslo-avdelingens ansatte ble overført til Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo. Samarbeidet mellom fysikerne på de to stedene har imidlertid vært nokså upåvirket av denne administrative forandring.

NIKF's øvrige avdelinger

NIKF hadde i starten to avdelinger, Nordlysobservatoriet i Tromsø og Magnetisk Byrå i Bergen. Bestyrer ved Bergensavdelingen var fra starten professor Ole Krogness, og K. F. Wasserfall ble den første innehaver av amanuensisstillingen i Bergen. Krogness ble i 1935 etterfulgt av professor Bjørn Trumpy.

I 1960 ble det foretatt en reorganisering av NIKF. Virksomheten ved Magnetisk Byrå, herunder også driften av det magnetiske observatorium på Dombås, ble overdratt til Universitetet i Bergen.

Det ble til gjengjeld opprettet en Oslo-avdeling. Amanuensisstillingen ble overført til den nye Oslo-avdelingen. Anders Omholt ble ansatt som bestyrer ved avdelingen fra 1961. Han ble i 1963 utnevnt til professor ved Universitetet i Oslo, men fortsatte bestyrelsen av Oslo-avdelingen til 1965, da han ble etterfulgt av Alv Egeland.

Lars Vegard var formann i NIKF's styre fra starten i 1930 frem til 1956. Han ble da etterfulgt av Leiv Harang, som igjen fulgtes av Godtfred Kvifte fra 1962. Kvifte hadde formannsvervet frem til inkorporeringen i Universitetet i Tromsø.

Nordlysobservatoriet i dag

av Jan-Erik Solheim

Da Det Norske Institutt for Kosmisk Fysikk ble del av Universitetet i Tromsø, opphørte Nordlysobservatoriet å eksistere som en formell enhet. Det som i dag omfattes av Nordlysobservatoriet, er dels en fortsettelse av den opprinnelige observasjonsvirksomheten til det gamle Nordlysobservatoriet - men også nye aktiviteter har kommet til - særlig innen feltene plasmafysikk og radiogeofysikk.

I det følgende beskrives virksomheten både ved observatoriet og utestasjonene. Beskrivelsen bygger på innlegg fra en rekke medarbeidere:

Steinar Berger (magnetiske observasjoner, nordlysfotografering og virksomheten i Ishavsområdet)

Richard Armstrong (Plasmalaboratoriet)

Arne Haug (Lavangsdalen)

Asgeir Brekke (Ramfjordmoen)

Olav Holt (EISCAT)

Ove Bratteng (ionosonden)

Kjell Henriksen (nordlysforskning på Svalbard)

I tillegg har stasjonssjef Arvid Øvergård gitt informasjon om Tromsø Telemetristasjon som er opprettet i nær tilknytning til Nordlysobservatoriet.

Litt om bygningene

Observatoriet ligger på nordbredden av Prestvannet i et område som ellers er regulert til park- og friluftsmål.

Observatoriet består av to deler. Den nye delen er et nybygg i rød tegl med store vinduer - vakkert formet av arkitektene Jakobsen og Hallset. Bygget har front mot Prestvannet og en nærhet til naturen omkring som gjør det til en trivelig arbeidsplass. Litt mer tilbaketrukket finner vi det gamle observatoriet - en murbygning fra slutten av 20-årene.



Fig. 1

Det gamle observatorium ved Prestvannet. Til venstre ser vi hovedbygningen og til høyre litt av funksjonærboligen. I bakgrunnen ser vi litt av det såkalte Optikkbygget fra 1962.

Det gamle observatoriet

Den gamle delen av observatoriet ligger ved en egen innkjørsel. Langs denne er det vokst opp en bjørkeallé - plantet av den første bestyrer, Leiv M. Harang. Grantrær ble også plantet. De har greid å skjule det meste av den gamle observatoriebygningen som i dag brukes til kontor og laboratorium for optisk virksomhet. Bygningen ble tegnet av stadsarkitekt Crawford-Jensen og arkitekt Sigurd Trøim. I dette bygget var det i de første årene kontor for bestyrer og assistent, laboratorium og verksted for bygging av instrumenter, hybel med kjøkken for tilreisende forskere samt plass for bibliotek, instrumenter og data. Et av rommene var bygget ut fra hovedkroppen på bygget, slik at det fikk vinduer mot nord, øst og vest. Dette var nordlys-vaktrommet. Utenfor bygget var det en instrumentplattform hvor instrumentene ble båret ut og montert på kvelder som kunne gi observasjoner.

I dag er det innredet kontorer til lærere/forskere og hovedfagsstudenter. Videre finnes et auditorium og et instrumentrom. I kjelleren er den gamle kullfyren fjernet - og det har blitt plass for et optisk laboratorium.

Ved siden av det gamle nordlysobservatoriet ligger funksjonærboligen hvor bestyrer, instrumentmaker og observasjonsassistent bodde.

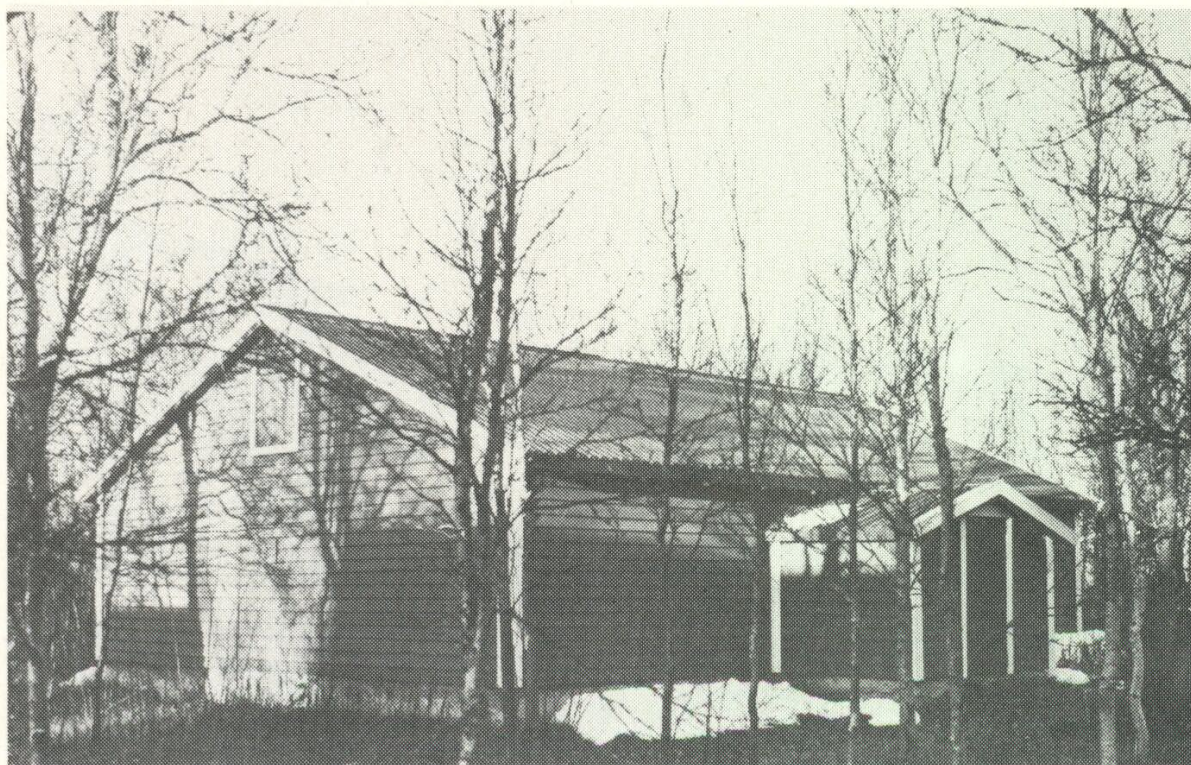


Fig. 2
Absolutthuset for magnetiske registreringer. Dette er bygget fullstendig uten bruk av jern. (Ikke spiker!) I dette huset finner vi søyler for magnetiske måleinstrumenter.

Magnetiske observasjoner

Litt lenger inne på området finner vi to mindre hus som ble fullført samtidig med observatoriet i 1928. Det er de to magnethusene. I disse husene har det nå vært foretatt magnetiske registreringer i over 50 år.

Magnetinstrumentene fra 1929 er klassiske optisk-fotografiske registreringsinstrumenter. De er fremdeles i bruk og er uovertrufne når det gjelder enkel konstruksjon og langtidsstabilitet.

En fullverdig magnetisk instrumentoppstilling registrerer 3 komponenter av det jordmagnetiske felt, vanligvis D, H og Z. Det er henholdsvis deklinasjonen eller misvisningen (D), styrken av den horisontale komponent av magnetfeltet (H) og styrken av den vertikale komponent (Z) (fig. 3). Virkemåten for disse instrumentene er vist i figur 4.

Under rolige magnetiske forhold vil en få en registrering med kurver som bare viser små avvik fra en rett linje. Disse avvik varierer gjennom døgnet og året med solens og månens stilling i forhold til jorden (fig. 5a).

Ved partikkelstråling fra solen vil det dannes strømsystemer i den øvre atmosfære som påvirker de magnetiske instrumenter. Dette kalles magnetiske stormer. (fig. 5b).

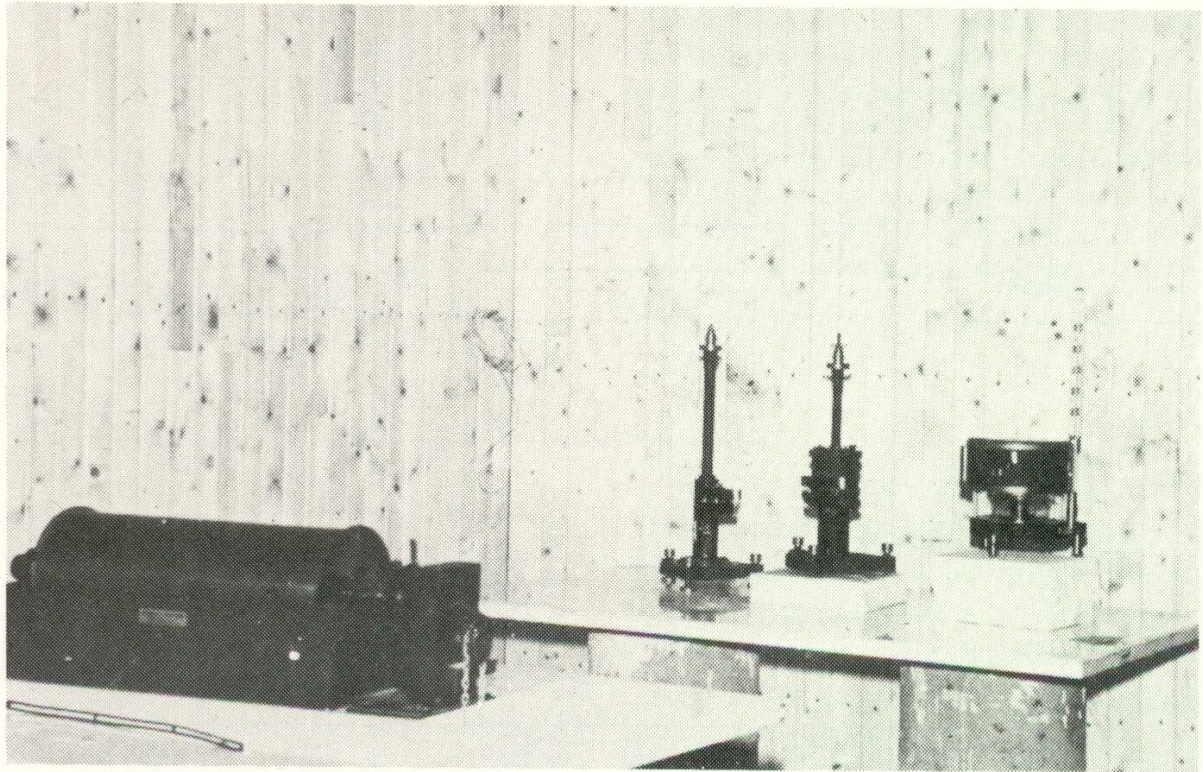
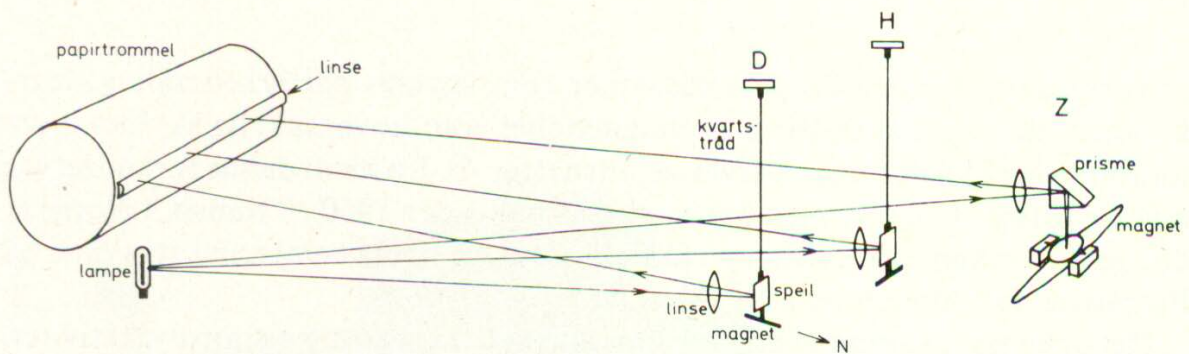


Fig. 3
Jordmagnetiske registreringer av de tre komponentene. Z (styrken i vertikalplanet) til høyre. Deretter følger horisontalkomponenten (H). Lengst til venstre monteringen for D-komponenten for deklinasjonen eller misvisningen. I forgrunn trommel for fotografisk registrering av signalet. Prinsippene for målingene er forklart i figur 4.

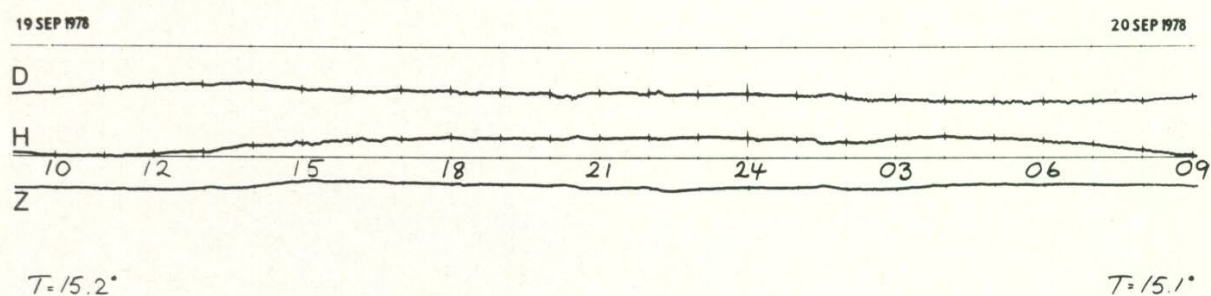
Fig. 4



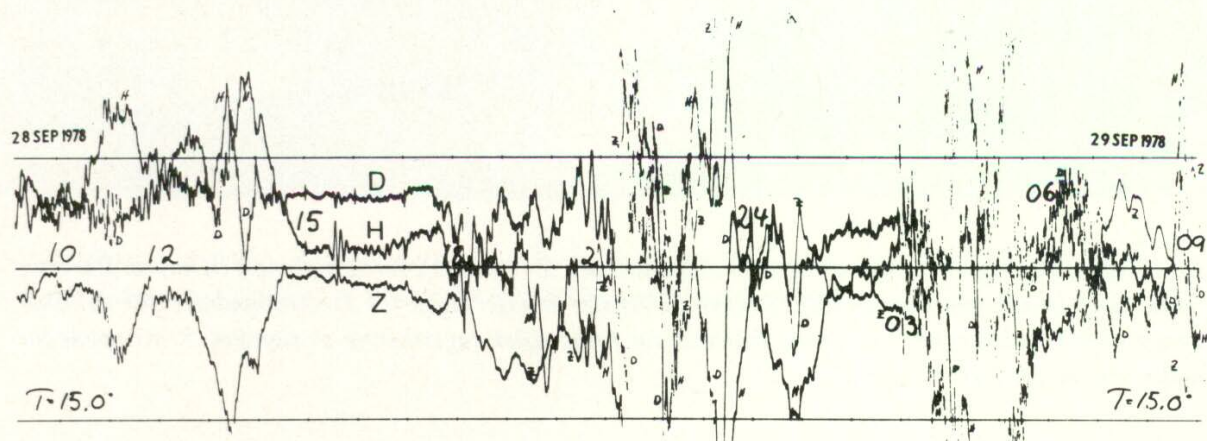
Prinsippskisse for magnetiske registreringer. Lyset fra en lampe blir reflektert fra 3 speil som er festet til 3 magneter – opphengt på forskjellige måter. D-magneten viser retning nord-syd (deklinasjon eller misvisning). H registrerer styrkevariasjoner i nord-syd retningen, mens Z registrerer vertikale styrkevariasjoner. Lyset fra speilene festet til magnetene blir samlet på en trommel med fotografisk papir som dermed vil registrere variasjonene i det jordmagnetiske feltet.

Fig. 5

a) ROLIG MAGNETFELT



b) MAGNETISK STORM

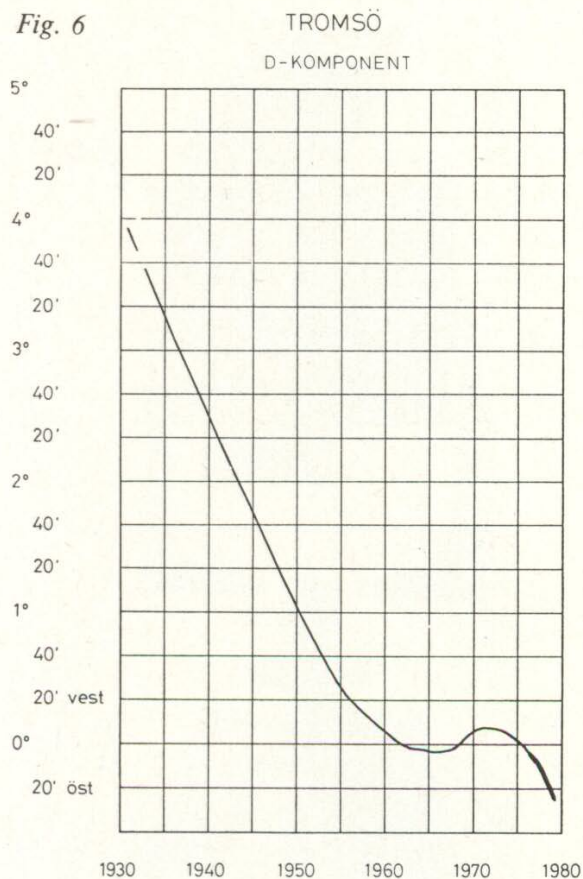


Magnetiske registreringer. Den øverste registrering viser 24 timer under rolige forhold. Den nederste registrering viser magnetfeltvariasjonene under en magnetisk storm. Vi finner da store forandringer over kort tid. Slike stormer er også varsel om nordlysutbrudd.

Foruten de uregelmessige variasjoner som skyldes partikkelstråling, forekommer en langsom endring av magnetfeltet som hovedsakelig skyldes indre forandringer i jorden (sekulærvariasjonen) (fig. 6). En ser at denne forandret seg mye de første 30 årene, men har vært nær null siden 1960 i Tromsø. I Norge er det også en magnetisk stasjon på Dombås i tillegg til observatoriets stasjoner på Bjørnøya, Jan Mayen og i Ny-Ålesund.

Det er en nøye sammenheng mellom magnetiske stormer og nordlysaktivitet. Disse har igjen sammenheng med solaktiviteten. Figur 8 viser den magnetiske aktiviteten sammenlignet med solflekkaktiviteten. For hvert solflekkmaksimum finner en 2 topper i magnetfeltstyrken. Den største er forsinket 3-4 år i forhold til solflekkmaksimum. Siden det er en sammenheng mellom den magnetiske aktiviteten og nordlysaktiviteten betyr dette at vi kan vente neste nordlysmaksimum i 1983/84.

Fig. 6



Langtidsvariasjonen av retningen til magnetfeltet (misvisningen) i Tromsø. Vi ser at denne har variert ganske mye de første 30 år etter at målingene ble startet, men at den siden 1960 har vært nær null i Tromsø. Dette betyr at vi de siste 20 år har kunnet bruke kompasset med små korreksjoner i Tromsø-området. Fra slutten av 70-årene ser vi en antydning til større variasjoner.

Det er av stor vitenskapelig interesse å fortsette de jordmagnetiske målinger som startet langt tilbake i det forrige århundre, og det foregår et stort internasjonalt samarbeid med felles prosjekter og utveksling av registreringer og forskningsresultat.

Magnetiske målinger har også en praktisk nytte idet en kan følge med hvordan misvisningen endrer seg

gjennom årene (fig. 6.). Geologer som bruker magnetiske instrumenter i forbindelse med mineral- og oljeleting, må ha tilgang til vanlige jordmagnetiske registreringer for å korigere sine målinger for avvik som skyldes magnetiske stormer.

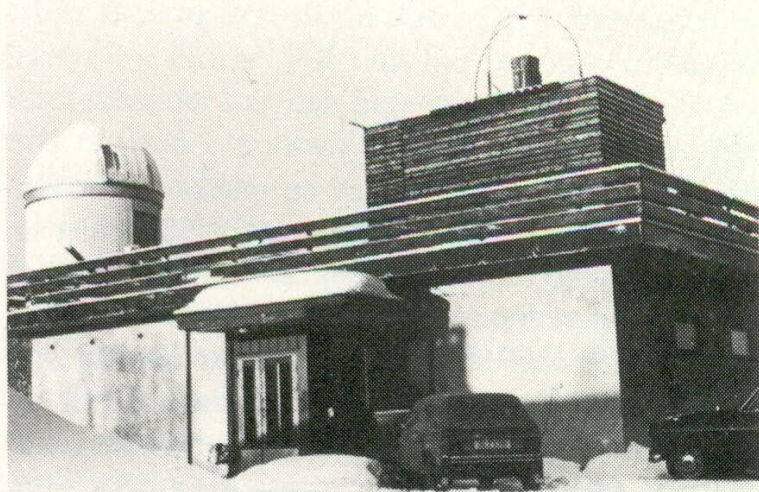
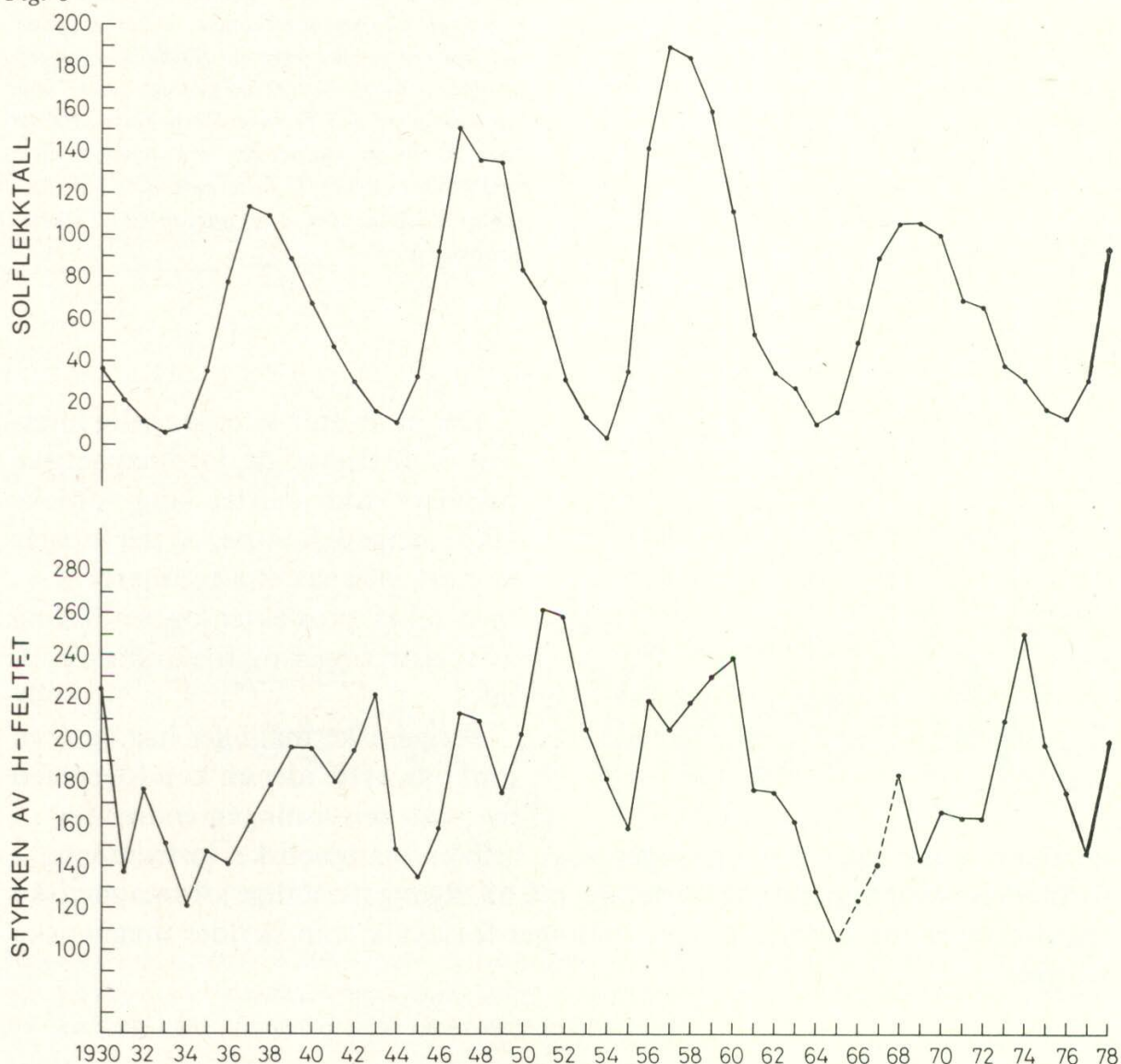


Fig. 7
Optikkbygget med astronomisk kuppel til venstre og et oppbygg for instrumenthus til høyre. På toppen av denne finner vi et nordlyskamera (All-sky kamera) montert.

Fig. 8



Sammenheng mellom magnetiske stormer og solflekkaktiviteten. Vi ser at magnetfeltet varierer på samme måte som solflekkene, men at maksima av magnetfeltet er forsinket med 3-4 år i forhold til solflekkmaksima. Den største nordlysaktiviteten har vi derfor 3-4 år etter solflekkmaksimum.

Nordlysfotografering

Det første fotografi en kjenner til av nordlys ble tatt av en tysker med navn Brendel som oppholdt seg i Bossekop i 1892. Nordlysforskeren Carl Størmer så hvilke muligheter fotografering kunne gi for beregning av nordlyshøyden dersom en kunne komme så langt ned i eksponeringstid at en kunne få fram strukturen i de ulike nordlysformer. I 1909 begynte han etter forslag fra Birkeland, systematiske forsøk med nordlysfotografering og fant fram til en lyssterk linse og en følsom fotografisk plate som gav utmerket resultat med eksponering ned til ett sekund. Han fikk konstruert et spesielt kamera som

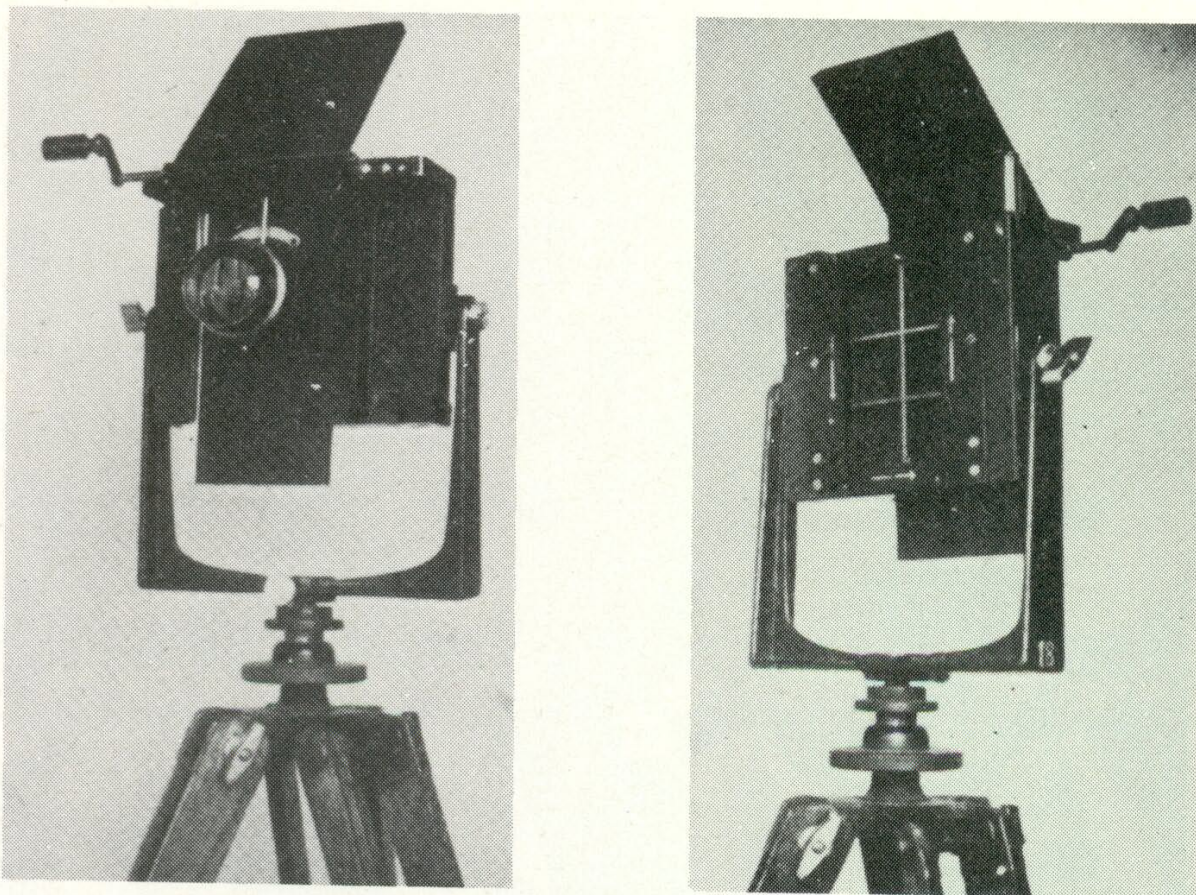


Fig. 9

Nordlyskamera fra 1910 konstruert av professor Carl Størmer. Med dette kamera kunne en ta 6 etterfølgende bilder av nordlys på samme plate. Mer enn 40.000 nordlysbilder er tatt av Størmer og hans assistenter med dette og tilsvarende kameraer.

kunne ta 6 bilder på en 9×12 cm plate (fig. 9). Ved å benytte seg av nordlysets forskyvning i forhold til kjente stjerner på bilder tatt samtidig fra to stasjoner, kunne høyden beregnes.

Fra 1910 og helt til sin død i 1957 drev Størmer sine fotografiske stasjoner i det sydlige Norge. Alt i alt har han tatt ca. 40 000 bilder, og mer enn 10 000 nordlyshøyder har han beregnet. I fig. 10 er vist hvordan nordlyset fordeler seg med høyden i atmosfæren. En finner at de fleste nordlys ligger i ca. 100 kilometers høyde.

Ved Nordlysobservatoriet og en bistasjon på Tennes i Balsfjord ble det i årene 1929 til 1936 tatt ca. 3000 høydefotografier.

I midten av 1950-årene ble det konstruert et kamera som med hjelp av et speilsystem kan ta et bilde av hele himmelen rundt fra horisont til horisont (fig. 12). De finnes både for 16 mm og 35 mm film. En kan også bruke «fish-eye» objektiv, men lysstyrken på disse er mindre. En serie bilder under et nordlysutbrudd vises i fig. 13. Det er her tatt ett bilde hvert annet minutt.

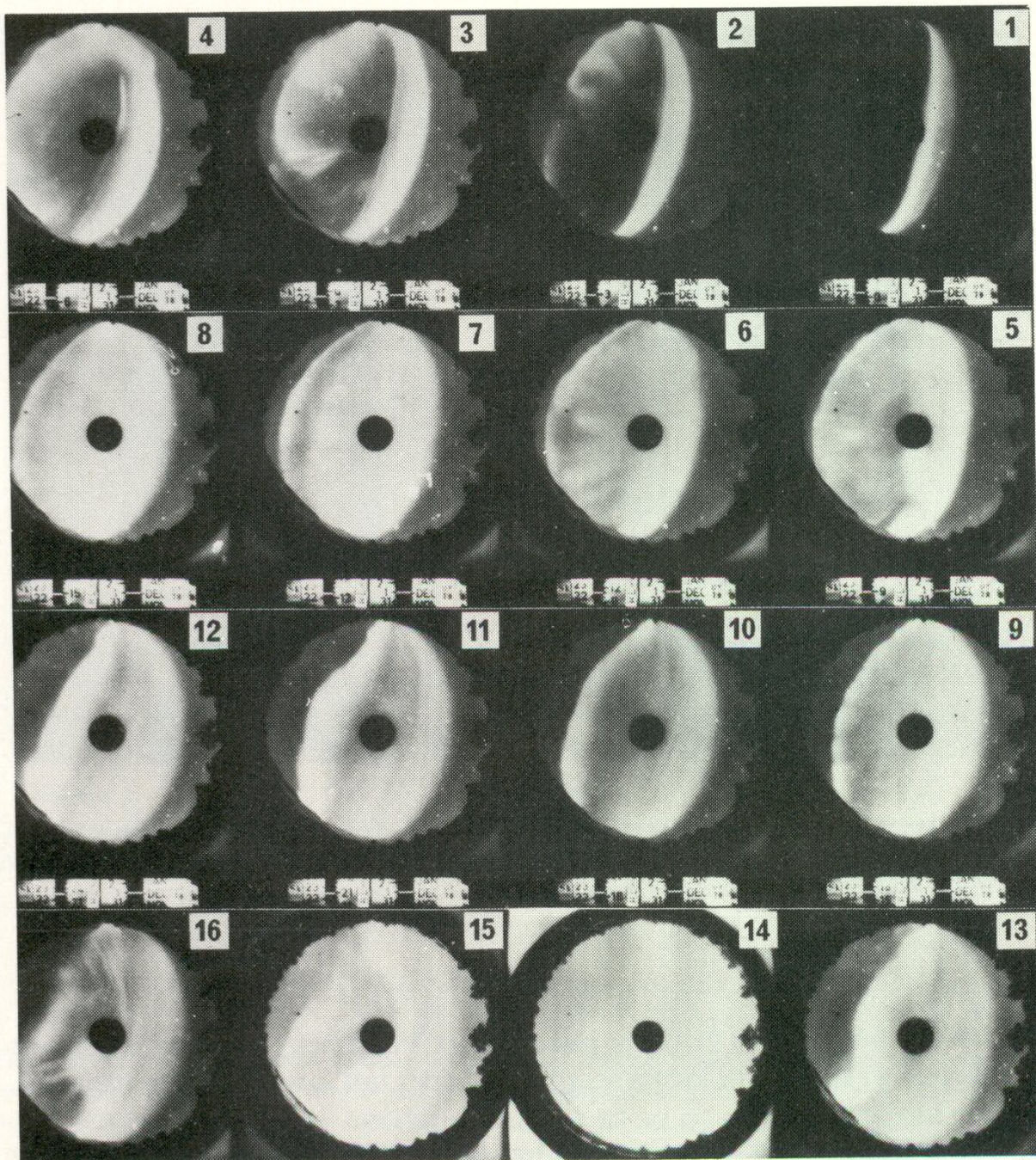


Fig. 10

Nordlysutbrudd fotografert med All-sky kamera i Skibotn 1. desember 1978 kl. 22.00 - 22.30. Det er 2 minutt mellom hvert bilde og ca. 20 sekunds eksponeringer. Serien starter øverst til høyre: Vi ser først en bue på sørhimmelen (til høyre i bildet) på en mørk himmel. Buen stiger høyere opp og utvider seg (bilde 2-4). Deretter starter et utbrudd på nordhimmelen (bilde 3-7) som gir buer både i nord og sør og i senit (bilde 6-12). Buen i nord kommer opp fra horisonten (bilde 9-13). Et utbrudd som dekker hele himmelen (bilde 14-15) og til slutt et nordlys som er svakt i nord men med en bue i sørvest (bilde 16).

Etter at det er kommet på markedet fargefilm som er like lysfølsom som de hurtigste sort/hvitt filmer, har det igjen skjedd et oppsving i fotograferingen. En kan på fargefilmen få frem forskjeller i fargene som en under et utbrudd ikke greier å registrere med øynene.

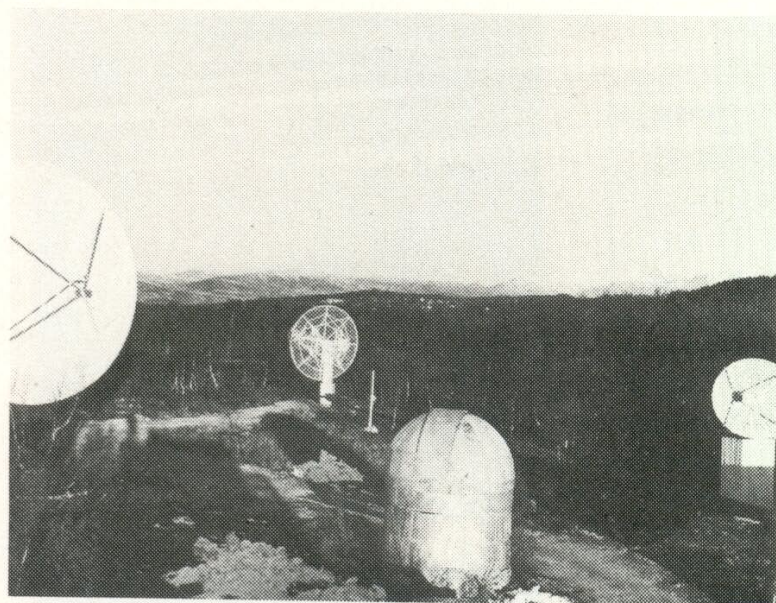


Fig. 11
Den gamle teleskopkuppel omkranset av moderne antenner. Den største (til venstre) har en diameter på vel 9 m og brukes til å motta signaler fra ressurssatellitter. Den midterste antenna har vært i drift siden 1968, vesentlig i forbindelse med forskningssatellitter. Antenna lengst til høyre vil bli brukt til geostasjonære meteorologiske satellitter som er plassert over ekvator. Disse vil kunne gi værinformasjon fra det vestlige Atlanterhav - noe som er av stor betydning for klimaet i Nord-Norge.

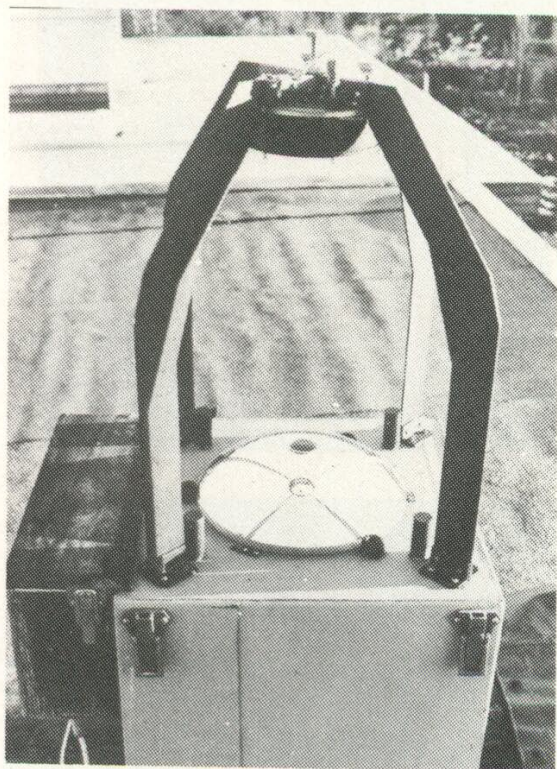
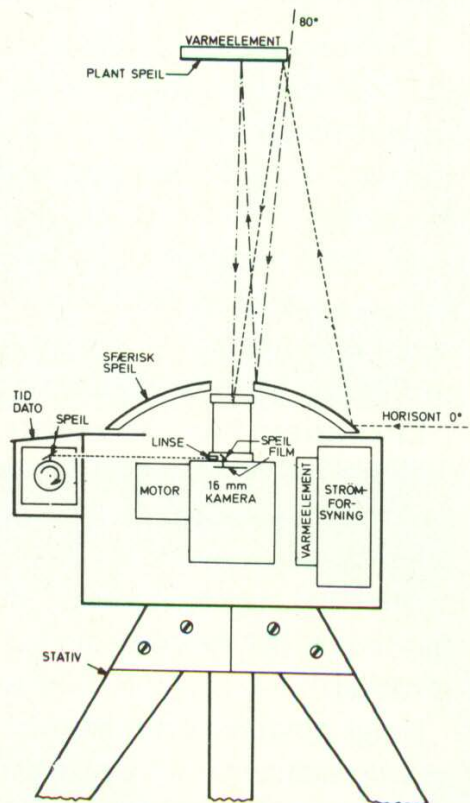


Fig. 12

All-sky kamera. Lys fra himmelen treffer et sfærisk speil og kastes opp på et planspeil. Derfra reflekteres det gjennom et hull i det sfæriske speilet til kameraet som er utstyrt med store filmmagasiner slik at det kan ta bilder for eksempel hvert 2. minutt gjennom en natt.



Prinsippskisse for virkemåten av et «all-sky» kamera. Lys fra alt som er over horisonten blir samlet og registrert på filmen som også tar bilde av et ur som viser dato og klokkeslett.

Det nyeste hjelpemiddel for å avbilde nordlys er TV-kamera som benyttes for detaljstudier av nordlyset innenfor korte tidsintervaller. Et slikt TV-system er så følsomt at en kan studere i detalj de hurtigste nordlysutbrudd, og en kan få fram nordlys som er så svakt at det er usynlig for det blotte øye.

Det gamle teleskopet

Konsul Conrad Holmboe i Tromsø gav omkring første verdenskrig et teleskop som gave til borgerne i Tromsø by slik at de skulle få anledning til å følge med i det som skjedde på stjernehimmelen. Teleskopet var en 5 cm refraktor laget hos instrumentmaker Anton Olsen i København. Til å begynne med var det satt opp i nærheten av Prestvannet, og direktør Krogness på «Geofysen» hadde oppsyn med bruken og arrangerte publikumskveld-er.

Da Nordlysobservatoriet ble bygget i 1928 ble teleskopet flyttet dit og plassert på en høyde like ved observatoriet — og hadde god utsikt til alle kanter. I 30-årene ble det blant annet brukt til osonmålinger. Det ble tatt spektra av lys fra månen og sterke stjerner for å beregne hvor mye lystap oson bidro med.

Etter krigen har instrumentet vært lite i bruk. Optikkbygget tok mye av utsikten mot sør og sørvest. Tromsø Telemetristasjon tok mye av utsikten mot øst, og en kjempe antenne like ved tar det meste av utsikten mot nordvest.

Ivrige amatørastronomer har pusset opp instrumentet og sørget for å sette istand drivmekanismen for demonstrasjon av fenomenen på sola og studium av planetene.

Teleskopkuppelen og søylen ble i det geofysiske år 1958 benyttet til fotografering av solen. Mer enn 7000 bilder ble tatt — og en fikk flere serier med overvåking døgnet rundt. — noe som kun er mulig nord for polarsirkelen under gode værforhold. Figur 14 viser et utdrag av en slik serie.

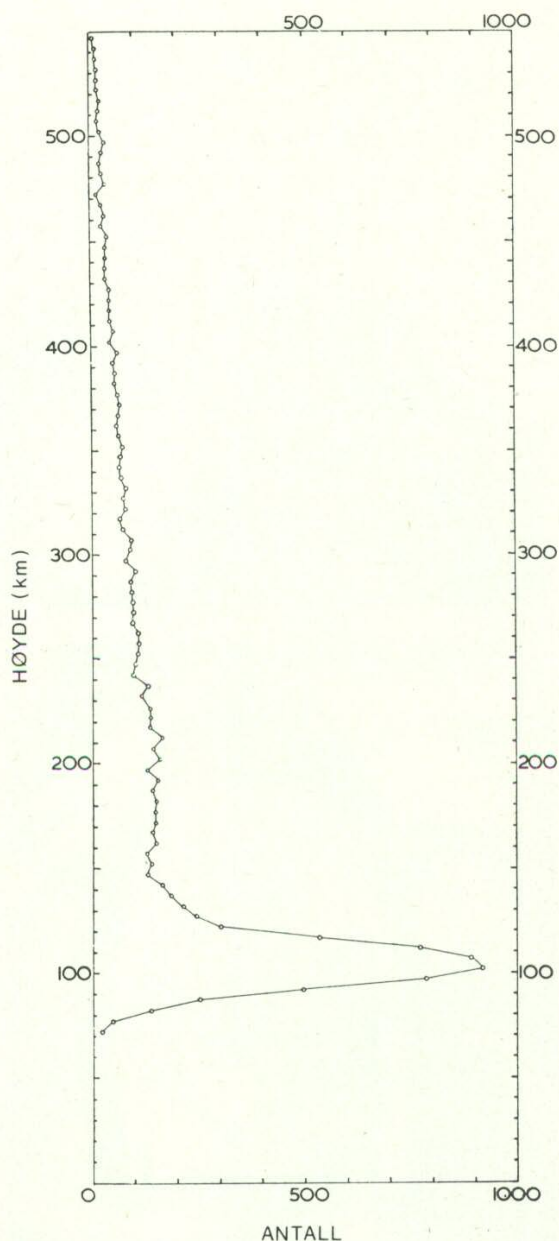
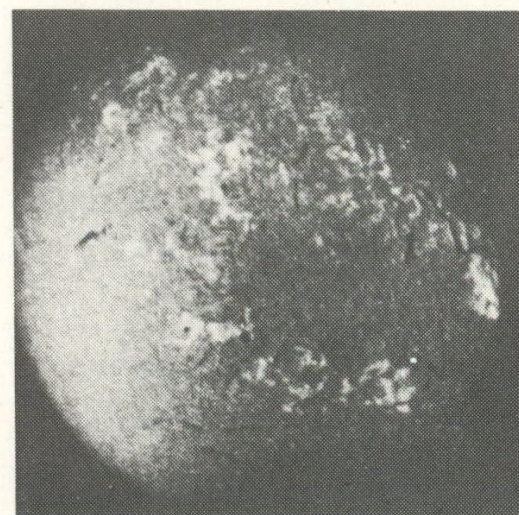
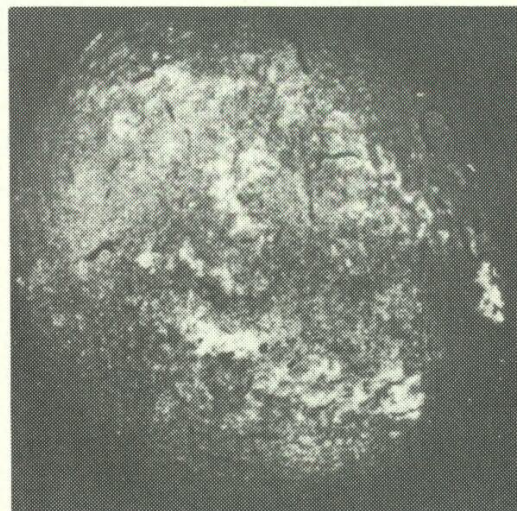
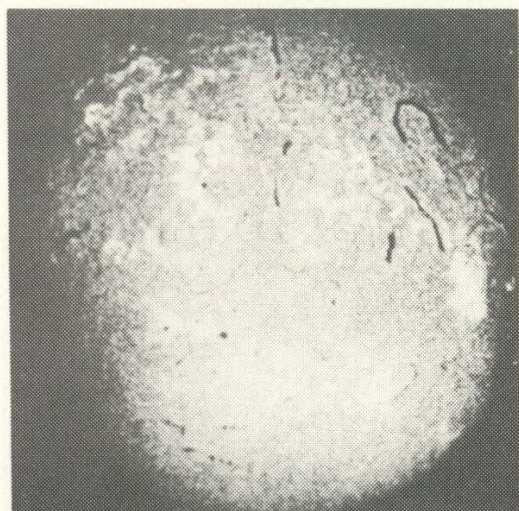
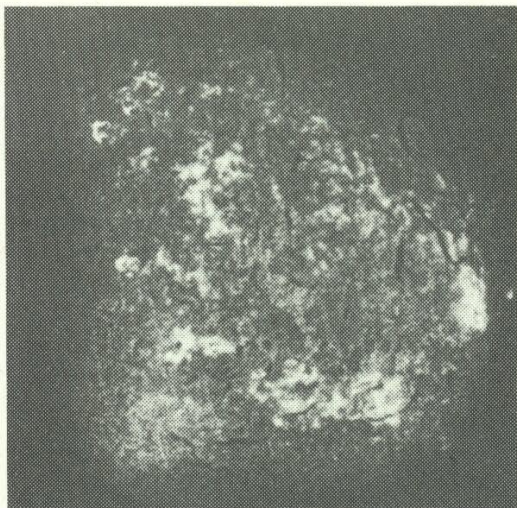
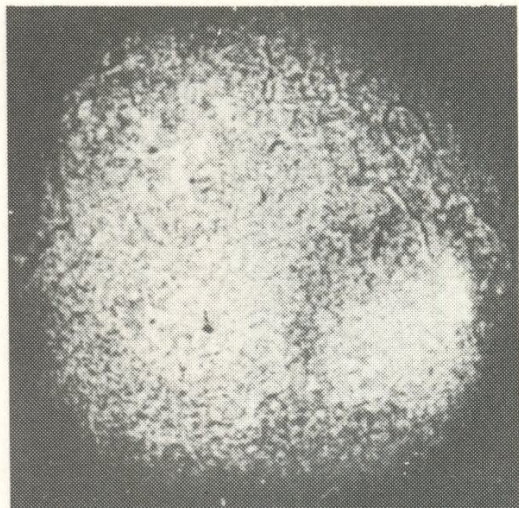


Fig. 13
Høydefordeling av nordlys. På bakgrunn av fotografering av det samme nordlys fra 2 forskjellige steder kan høyden beregnes. Mer enn 10. 000 slike beregninger er gjort, og det viser at de fleste nordlys finnes mellom 90 og 120 km over bakken. Noen ganske få nordlys er registrert i 500 km høyde.

Fig. 14



Bilder fra solens overflate tatt gjennom et filter som kun slipper igjennom lys fra hydrogen. Alle bilder er tatt 28 juni 1958. Bilde nr 1 kl 04 og de øvrige er tatt med 4 timers mellomrom fram til midnatt. Serien viser hvordan aktive områder (såkalte flares) utvikler seg på solens overflate.

Slike aktive områder fører til utbrudd som igjen leder til en strøm av partikler (solvind) mot jorda - noe som i sin tur fører til nordlys. I alt ble over 7000 bilder tatt sommeren 1958.

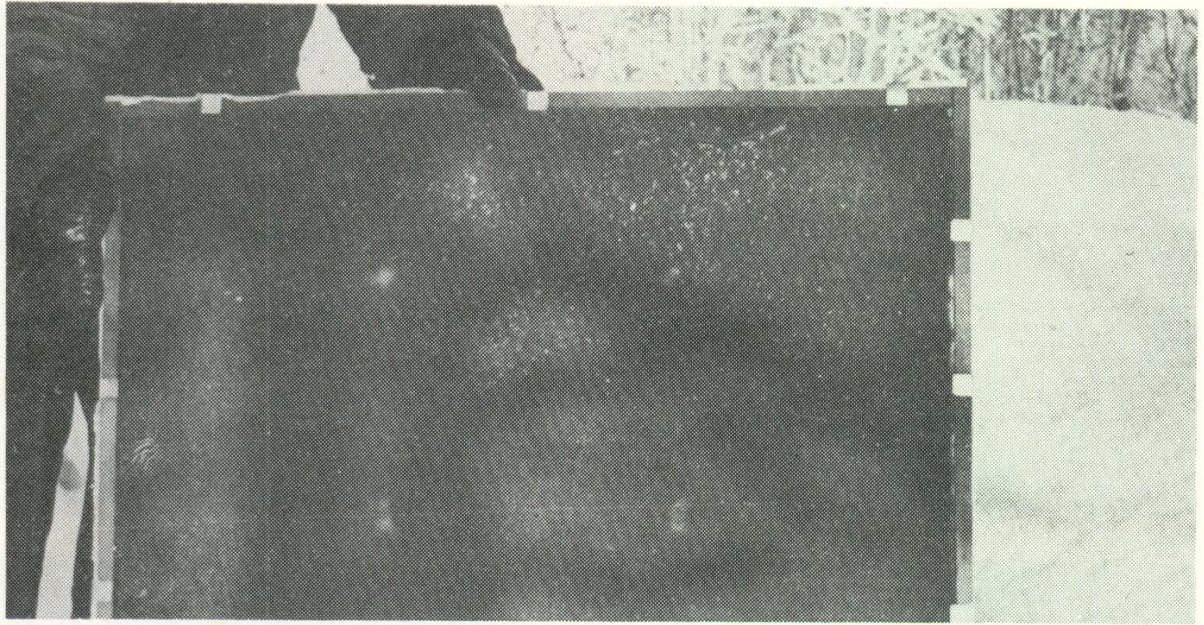


Fig. 15
Støvsamling ved Nordlysobservatoriet. Etter å ha vært utsatt for Tromsø-lufta i 14 dager er filteret helt svart.

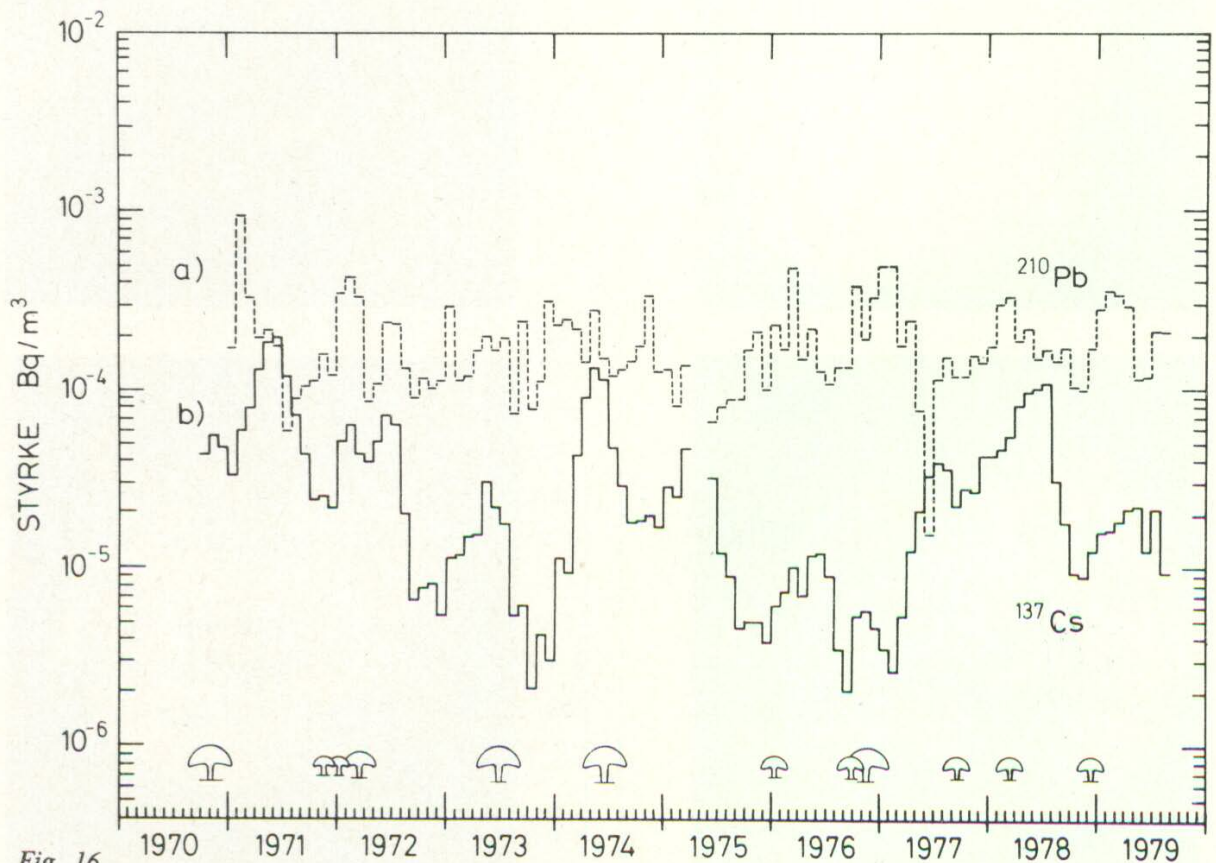


Fig. 16
Analyse av radioaktive grunnstoffer i støv samlet inn på Nordlysobservatoriet i Tromsø. a) viser blyisotopen ^{210}Pb som dannes av en radioaktiv gass radon, i fjellgrunnen. Vi ser at forekomsten er nokså konstant med en viss økning om vinteren. b) viser cesiumisotopen ^{137}Cs som er et produkt dannet av kjernesprengninger i atmosfæren. I Tromsø øker forekomsten noen uker eller måneder etter kjente atomsprengninger i Kina. Disse er merket av som store eller små sopper i diagrammet.

Observatorieområdet

Observatoriet har en tomt på 51 mål. En del av dette er myrområder som etter hvert har blitt drenert og skogbevokst. På området er det foruten husene og de instrumentene som er nevnt tidligere - også andre instrumenter - enten permanent eller i kortere perioder. Mange av disse kommer som ledd i samarbeidsprosjekter med andre grupper.

Norges Geografiske Oppmåling har en liten hytte hvor det står en betongsøyle med et kryss i. Dette er det viktigste geografiske punktet i Norge. Sammen med et punkt i Tyskland og et i Italia definerer dette den europeiske hovedakse for geografisk oppmåling. Posisjonen av Tromsøpunktet er bestemt med en nøyaktighet på under en meter i forhold til jordens sentrum. Dette gjøres nå ved hjelp av satelittmålinger.

Et annet instrument er en stor støvsuger - som nå har vært i drift i nesten 10 år. Hvert døgn suger den ca. 25 000 m³ luft gjennom et filter, som etter en tid blir sendt til et institutt i Braunschweig for analyse. Det som analyseres er mengden av radioaktive stoffer i luften, samt forekomsten av enkelte uorganiske stoffer som for eksempel aske og forbindelser med svovel. Figur 15 og 16 viser noen av resultatene.

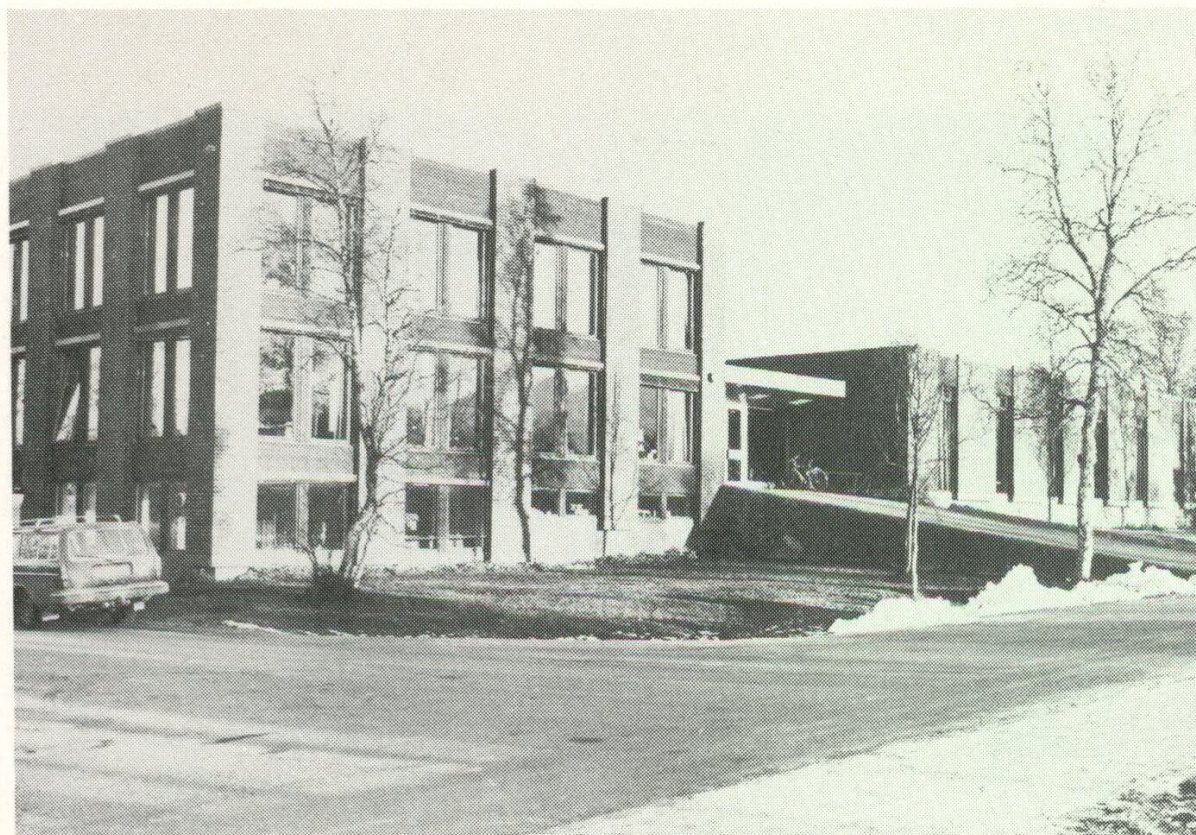


Fig. 17
Nordlysobservatoriet nybygg ble ferdig i 1972. Bygget er tegnet av arkitektene Hallset og Jacobsen i Tromsø.

Det nye observatoriebygget

Observatoriets nybygg var planlagt i 60-årene for å ta hånd om den aktivitetsøkning som hadde funnet sted. Da Universitetet ble vedtatt etablert, ble planene for bygget utvidet, slik at det fikk plass til lesesal, bibliotek og auditorium for å kunne brukes i realfagsundervisningen de første årene.

Bygget sto ferdig i 1972 - og fra samme høst var undervisning i gang i fysikk, matematikk og datafag. Nå er alle undervisningsfunksjonene - unntatt hovedfagsundervisning i fysikk - flyttet over til Universitetets nybygg i Breivika. Det som er igjen på Nordlysobservatoriet, er selve observatorievirksomheten, samt den eksperimentelle virksomheten i fysikk.

En vesentlig del av bygget huser i dag tekniske funksjoner for Institutt for matematiske realfag. Det inneholder et større elektronikkverksted (ca. 10 ansatte) og et mekanisk verksted (3 ansatte) i tillegg til kontorer for vitenskapelig, teknisk og administrativt personale som er ansvarlig for driften av observatoriet. Alt i alt utgjør observatoriet en arbeidsplass for ca. 50 personer når vi tar med hovedfagsstudentener.

Radiundersøkelsene er nå stort sett flyttet til Ramfjordmoen. De optiske undersøkelsene utføres i Skibotn og på Svalbard. Det viktigste eksperimentelle arbeid som utføres på Nordlysobservatoriet i dag er plasmalaboratorievirksomheten.

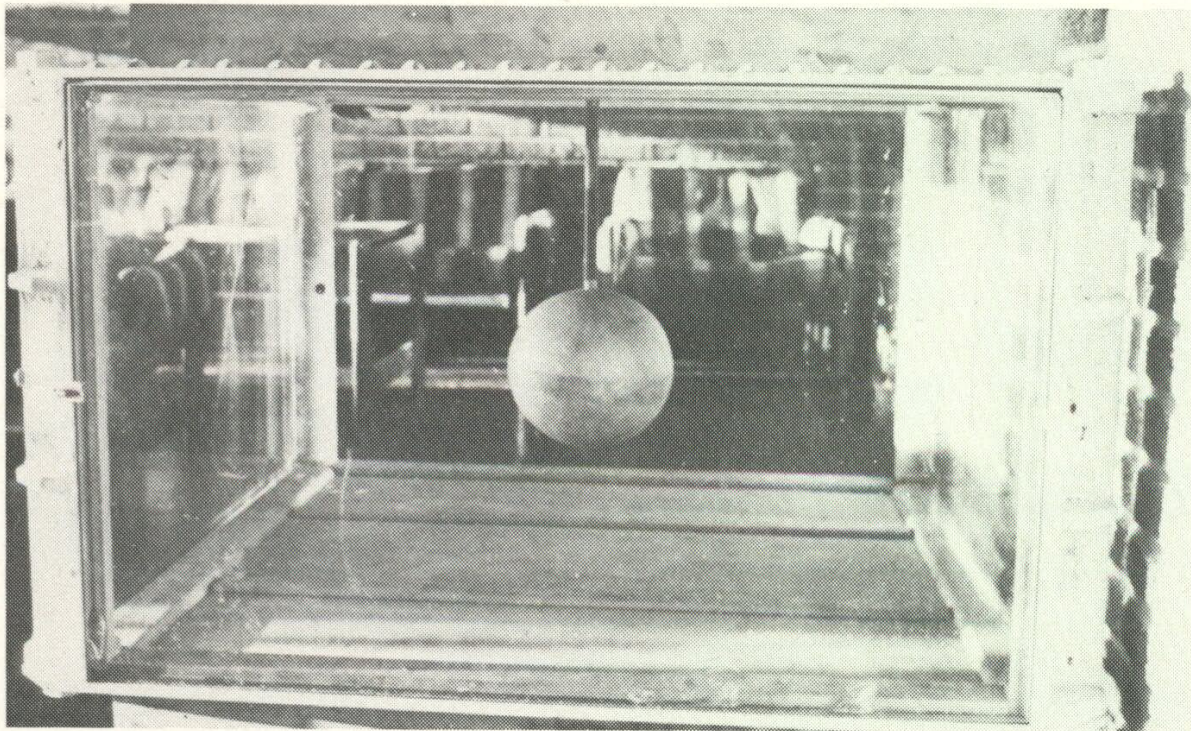


Fig. 18

Birkelands verdensrom som ble brukt i hans eksperimenter omkring år 1900. Idag står denne i vestibylene i Nordlysobservatoriets nybygg.

Nordlys i laboratoriet

Den første som greide å skape nordlys i laboratoriet var Kristian Birkeland med sine terella-eksperimenter (1903). «Verdensrommet» som han fikk bygget var en kasse med tykke glassvegger, med en elektrisk ladet kule («terellaen») som skulle være jorda. Kassen ble pumpet tom for luft så godt det lot seg gjøre, og Birkeland sendte inn elektrisk ladede partikler fra en kilde (sola). Han kunne så demonstrere at det skjedde elektriske utladninger fra jorda, som ga lysende bånd (polarlys) rundt polene (se foto s. 46).

Et av Birkelands verdensrom står nå i inngangshallen på Nordlysobservatoriet. Det inspirerer til fortsatte laboratoriestudier av nordlysfenomenene.

I plasmalaboratoriet står en vakuumentank i rustfritt stål. Den har et lite glassvindu hvor det går an å inspisere tankens indre. Dette er den moderne utgaven av Birkelands nordlysmaskin. Kostbare vakuumpumper og avansert måleutstyr hører til.

Oppgaven er fremdeles å gjenskape nordlysfenomen. Men nå er det ikke lenger nordlysbåndene som skal forklares. En må finne svar på hvorfor nordlyset har slike underlige former. Hvorfor krøller det seg - hvorfor de raske vekslinger - hvorfor fargevariasjonene og hvorfor bølger det fram og tilbake over himmelen?

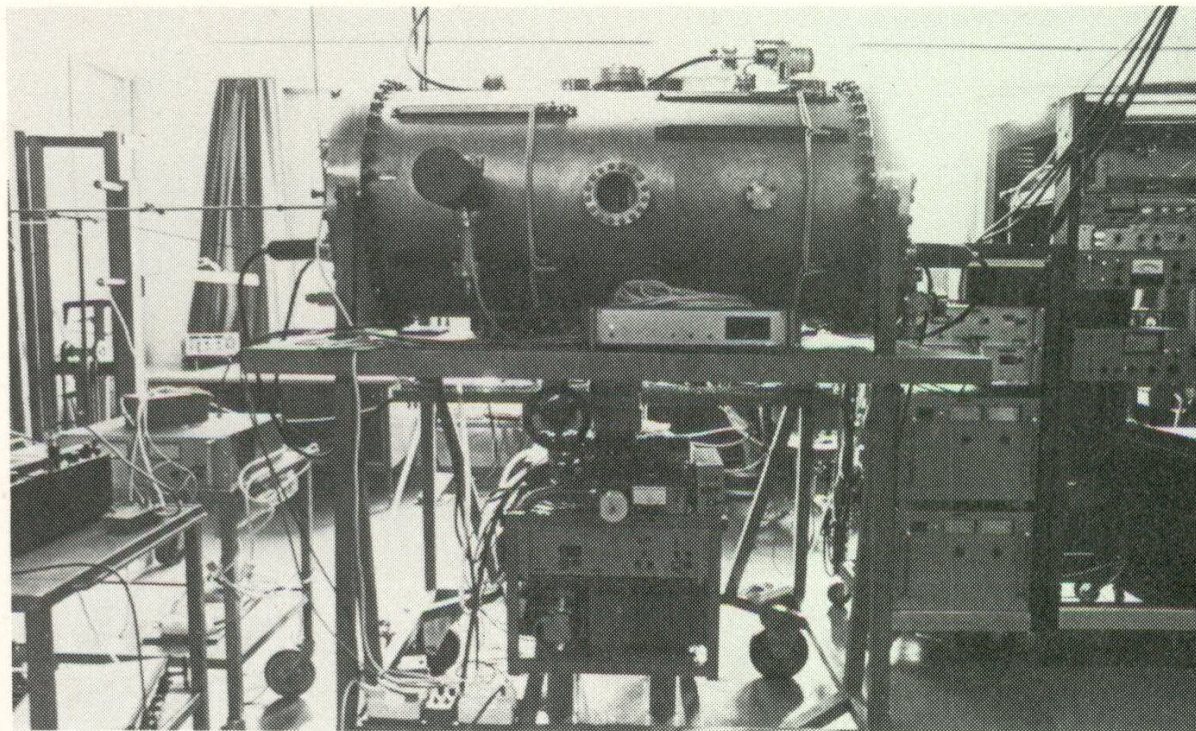


Fig. 19

Plasmalaboratoriet. En stor vakuumentank brukes til å gjenskape fysiske forhold som vi finner i nordlyset. Tanken er omgitt av avansert måleutstyr.

Som beskrevet foran i heftet, finnes nordlyset i 100 kilometers høyde. Det strekker seg ut hundrevis av kilometer i lengden. Og det varierer raskere enn øyet kan oppfatte.

En gjenskapning av disse fenomen i en tank på et par meters lengde og ca. 1 m i diameter er meget vanskelig. Det er nødvendig å kontrollere mange fysiske størrelser for å få det til.

Begrepet temperatur blir annerledes i det nesten tomme rom. Temperaturen sier vanligvis noe om hvordan energien er fordelt på partiklene. Prosesser i likevekt med sine omgivelser gir bestemte energifordelinger som igjen fører til entydige temperaturer. I nordlyset viser målinger gjort fra raketter at det finnes partikkelfordelinger som stort sett bare har én verdi for energien. En teori for dette er utarbeidet av den svenske Nobelprisvinner Hannes Alfvén. Teorien går ut på at det i nærheten av nordlys dannes et dobbelt lag elektriske partikler (plasma).

I laboratoriet har det nå lyktes å lage slike doble plasmalag, og en studerer hvordan elektriske bølgefenomener virker på partikler når doble plasmalag er til stede. En vet at det finnes elektriske bølgefenomener i nordlyset, og en tror at for eksempel krøllene i nordlyset kan være følgen av slike bølgefenomen (se tegning s. 105).

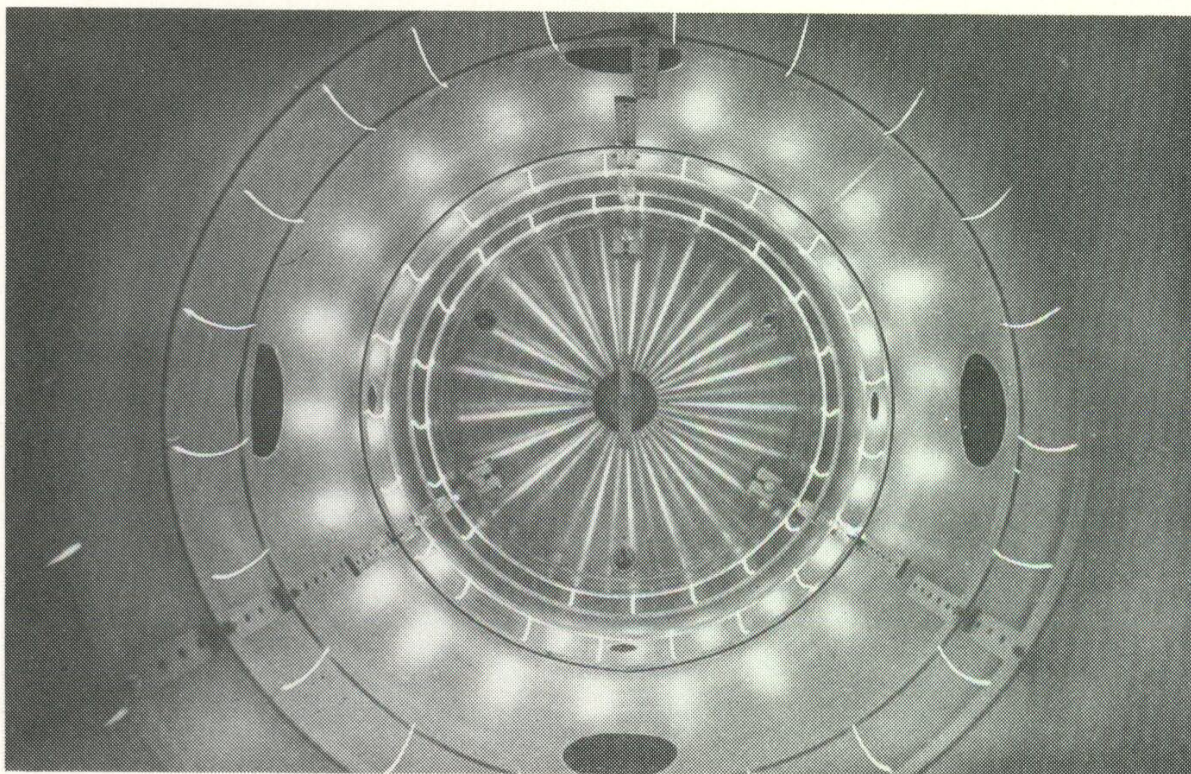


Fig. 20

Inne i nordlystanken. Den har filamenter som lyser når strømmen settes på.

Tromsø Telemetristasjon

Tromsø Telemetristasjon er eksempel på en knoppskyting som ofte finner sted rundt vitenskapelige institusjoner. Norge var ikke medlem av den europeiske romfartsorganisasjonen ESRO. På grunn av Norges beliggenhet og det geofysiske miljø ble det allikevel av NTNf opprettet en telemetristasjon i Tromsø med oppgave å ta ned data fra ESRO's forskningssatellitter.

Stasjonen startet sin virksomhet i 1968. I 1972 skjøt USA opp sin første ressurssatellitt. Dette er en satellitt som flyr rundt jorden og retter instrumentene *ned* for å kartlegge forhold på jordoverlaten eller i atmosfæren. I slutten av 70-årene er telemetristasjonens virksomhet endret og konsentrert om å ta imot signaler fra slike satellitter.

Den første ressurssatellitten fikk navnet LANDSAT. Som navnet indikerer, var den beregnet på å gjøre målinger over landområder. Målingene gjøres i fire forskjellige bånd i det elektromagnetiske spektrum. Tre av dem er i det synlige området, og et i det nær infrarøde. Satellitten er i stand til å se objekter med en utstrekning på ca 80 m på bakken. I enkelte tilfeller kan dette tallet reduseres til 40 m. Ulempen med LANDSAT er at det ikke er mulig å gjøre registreringer dersom jordoverflaten er dekket av skyer. Dette setter store begrensninger for bruken på nordlige breddegrader.

En annen hindring for en effektiv utnyttelse av satellittdataene har vært mangel på kunnskap og erfaring når det gjelder databehandling og mangel på utstyr for slik behandling. Dette har etterhvert rettet seg noe, og i dag er situasjonen en helt annen både når det dreier seg om norske og utenlandske brukere.

Et annet satellitt-system som har vært i operasjon helt siden 1960, er de amerikanske, meteorologiske satellittene i NOAA-serien. I likhet med LANDSAT går også NOAA-satellittene i polare baner og vil derved gi en dekning av hele jordoverflaten i løpet av ett døgn. For meteorologiske formål ønsker man å se på store arealer, og NOAA-satellittene dekker derfor en stripe som er ca 2500 km bred hvor man kan se detaljer ned på ca 1000 m.

Data fra disse satellittene går inn i det amerikanske, globale værvarslingsnettverk, og i tillegg sendes datatene ned til enhver som har egnede mottagerstasjoner på bakken. NOAA-satellittene blir brukt bl.a. til varsling av orkaner og andre spesielle værphenomen. Værvarslinga i Nord-Norge mottar daglig værbilder fra Tromsø Telemetristasjon.

Det mest fascinerende satellittprosjekt i de siste årene er utvilsomt den eksperimentelle satellitten SEASAT-A. Her ville amerikanerne for første gang gjøre forsøk med radar-instrumentering i satellitt. Dette ville gjøre det mulig å observere objekter på overflaten med en utstrekning på 25x25 m. Instrumentet ville også være uavhengig av lys og værforhold og skulle derfor løse de problemer som er nevnt tidligere. Selv om amerikanerne understreket at satellitten var et eksperiment og at det eneste man forsøkte å gjøre var å bevise at

idéen med radar-instrumentering i satellitt virket, fattet man i Norge stor interesse for fremtidig bruk av slike satellitter. Bl.a. ville det kanskje være mulig å oppdage fartøyer og andre forhold innenfor vår 200 mils økonomiske sone.

Den enorme datamengden som denne satellitten sendte ned, viste seg å by på meget store problemer. Som eksempel kan nevnes at for å behandle 10 minutter med data vil det ta ca 8 timer. Dette problemet er man nå i ferd med å løse både i Norge og andre steder, og det er på det rene at de muligheter som åpner seg ved å plassere denne type instrumenter i satellitter vil kunne få stor betydning i fremtiden. Særlig vil det få betydning for land som Norge som har et meget stort havområde som skal overvåkes. Satellittdata vil gjøre det mulig å utnytte båter og fly på en mer effektiv måte.

Den utbygging som er foretatt ved Tromsø Telemetristasjon de siste årene har særlig tatt sikte på å forbedre antennesystemet og regnemaskinen for fremtidige satellittprosjekter. Det betyr at man må gjøre investeringer som er spesielle for

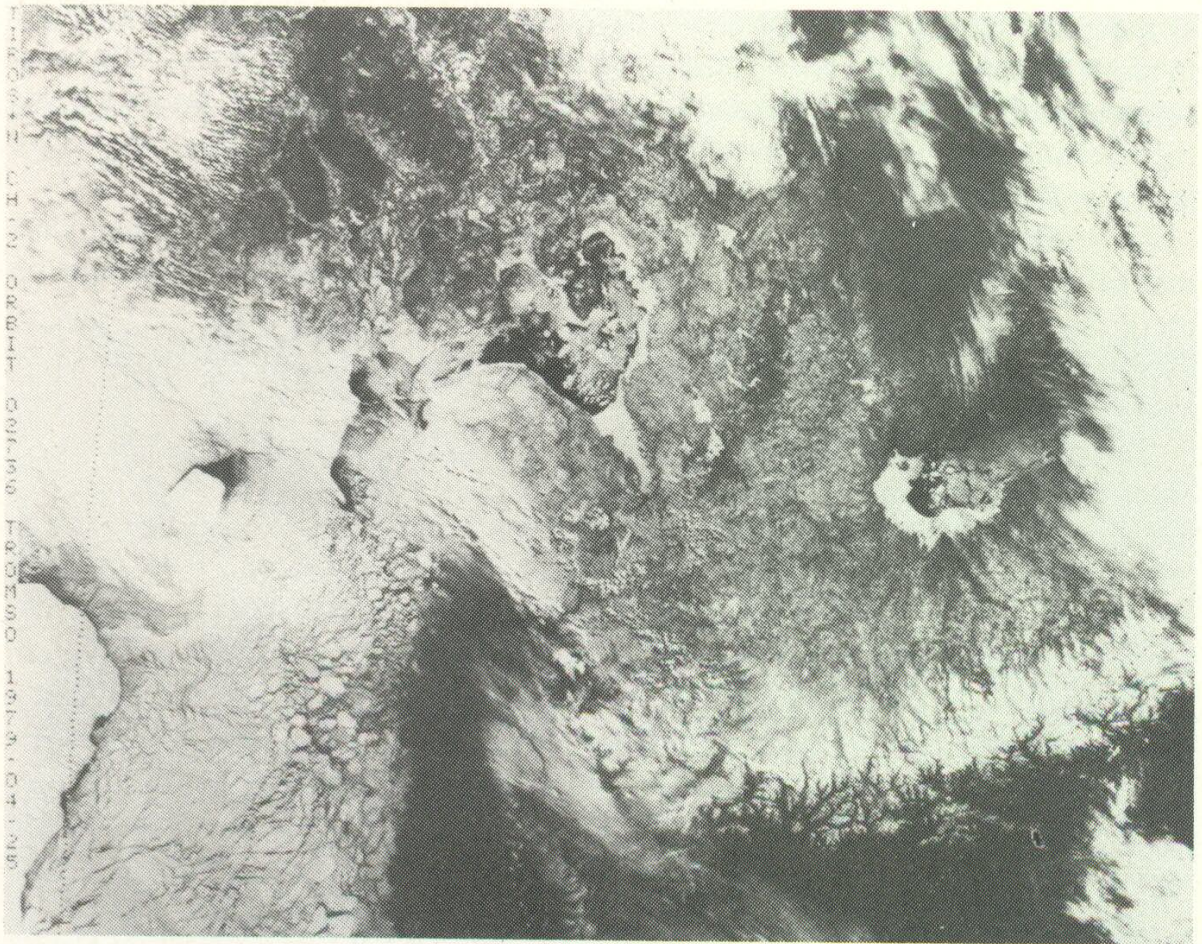


Fig. 21

Værbilde fra værsatellitten TIROS N tatt 25. april 1979. I dette bildet ser vi klarvær over Nordland og Troms samt et lett skydekke over Finnmarkskysten. Vi ser at isen holder på å gå opp i Bottenviken. I Barentshavet er det fremdeles mye is nord for Kapp Kanin og østover mot Novaja Semlja. I Kvitsjøen er det åpent vann, men drivis. Bilder som dekker de nordlige farvann er det mulig å få fra TIROS satellitter opptil 21 ganger pr. døgn. Denne satellitt-typen vil være operativ til 1987.

det enkelte satellittprosjekt. Det er lagt særlig stor vekt på mulighetene for å behandle dataene umiddelbart etter at de er tatt ned i Tromsø, samt å få til en omgående distribusjon av informasjonen til de interesserte brukerne.

Når det gjelder fremtidige satellitter, kan en tenke seg tre forskjellige systemer. Ett system som tar vare på landområder, ett for kystområder og overgangen fra land til vann og ett satellittsystem som gjør målinger over de store havområder. Når det gjelder betjeningen av slike satellittsystemer ventes Tromsø Telemetristasjon å spille en vesentlig rolle i fremtiden for norske brukere.

Virksomheten på Ramfjordmoen

Radiundersøkelser av den øvre atmosfære har blitt en stadig større del av observatoriets virksomhet. På dette området har observatoriet vært i fremste rekke siden Leiv Harangs pionerinnsats i 30-årene. I dag er det like før et europeisk radarprosjekt med en investering på omkring 100 mill. kr. startes opp på Ramfjordmoen ca. 25 km. fra Tromsø. I tillegg til dette radarprosjektet (EISCAT) er det der bygget opp flere andre eksperimenter som har med

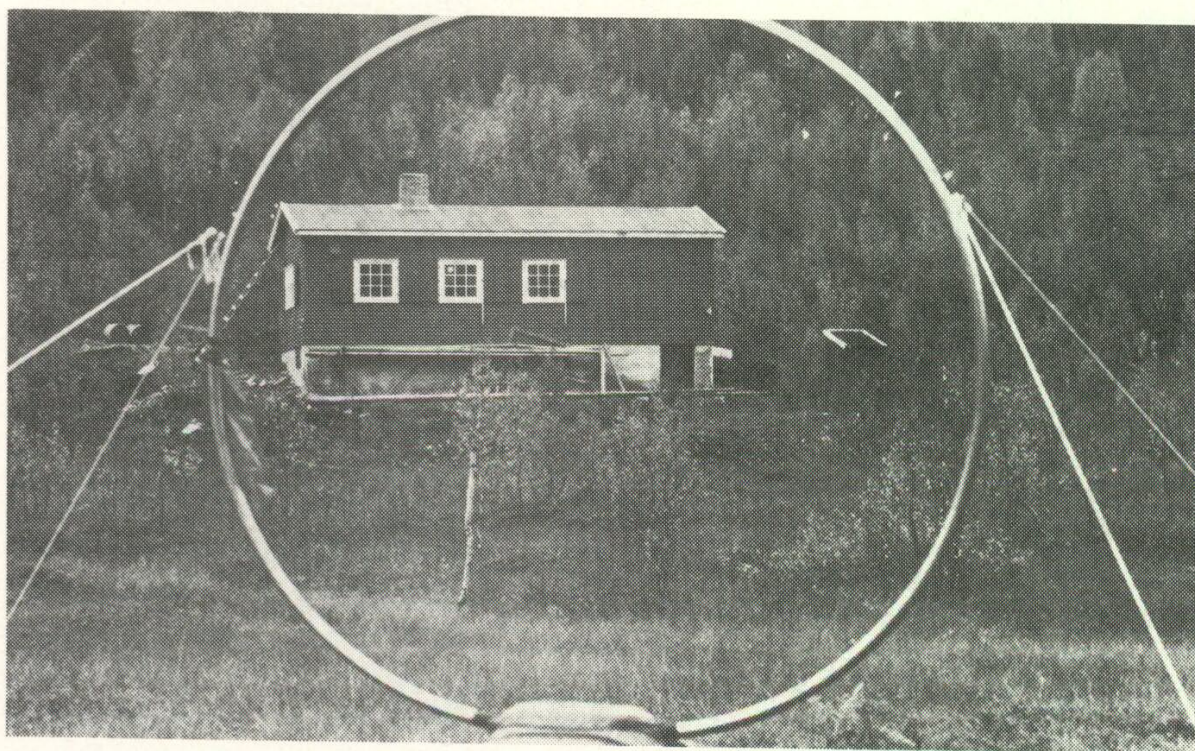


Fig. 22

Forskningsstasjonen i Lavangsdalen. Dette er en beskjeden hytte oppført av Nordlysobservatoriet i samarbeide med Forsvarets Forskningsinstitutt og Televerket i 1959. Her ble metoden for måling av svake radioekko utprøvet i 60-årene, og resultatene førte til ønske om bygging av de større installasjonene på Ramfjordmoen som nå er ferdige.

utbredelsen av radiosignaler i atmosfæren å gjøre. I det følgende gis en orientering om bakgrunnen for utbyggingen på Ramfjordmoen samt en beskrivelse av noen av de større anlegg som er bygget opp.

Fra Lavangsdalen til Ramfjordmoen

Ved å måle hvordan radiosignaler blir reflektert og dels absorbert kan vi få kjennskap til sammensetningen av ionosfæren og de fysiske prosessene som foregår i disse høydene.

En radiobølge med frekvens mellom 1 og 30 MHz vil bli totalt reflektert fra den øvre atmosfære (ionosfæren) i høydeområdet 90-300 km avhengig av de rådende forhold. Som regel finnes det noen frie elektroner i høydeområdet 60-90 km. (D-laget). Noe av energien i bølgen spres av disse elektronene og endrer bevegelsesretning. Denne spredningen vil oppstå når bølgen er på opptur såvel som på nedtur. Energien som spres ut av bølgen på denne måten er meget liten og bare en brøkdel av denne vil kunne komme tilbake til bakken hvor en

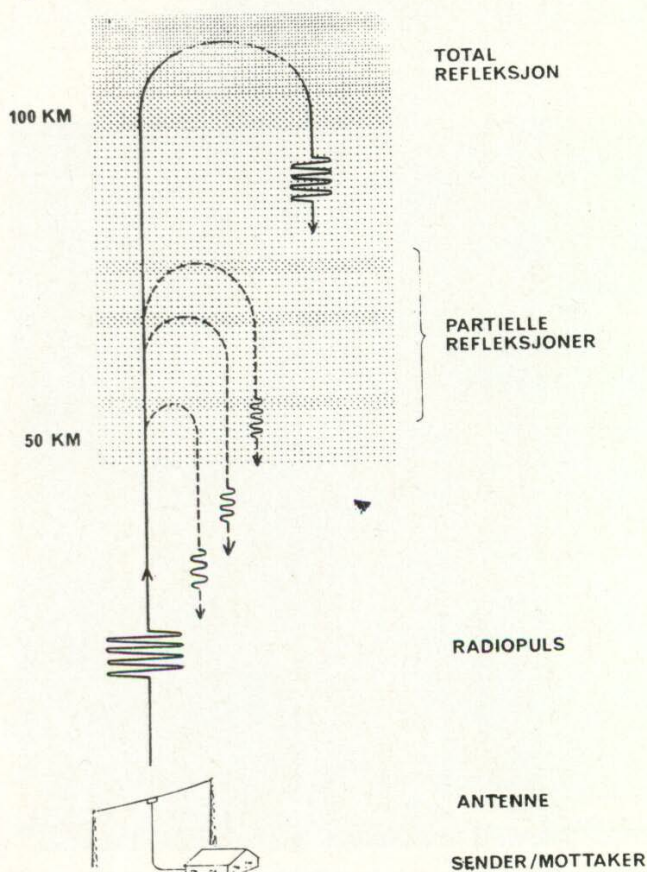


Fig. 23

Prinsipp for partielle refleksjoner. En radiosender sender en bølge opp i atmosfæren og vi får refleksjoner fra ulike lag. Fra bølgen totalreflekteres i lag over 100 km høyde, får vi svake (partielle) refleksjoner fra lavere lag.

eventuelle mottakerantenne er plassert. Disse svake refleksjoner kalles *partielle refleksjoner* og kan, når de observeres, brukes til å beregne tettheten av de frie elektroner i D-laget. Dette er et høydeområde som er vanskelig tilgjengelig med andre teknikker. I noen grad kan raketter benyttes. Samtidige målinger med raketter og denne radarteknikken har vist god overensstemmelse.

Allerede i 1959 bygget Forsvarets Forskningsinstitutt en feltstasjon i Lavangsdalen sammen med Nordlysobservatoriet og Televerket for blant annet å studere partielle refleksjoner fra ionosfærens D-lag. Stedet ble valgt fordi en ville undersøke spesielt hvordan de elektriske lagene i atmosfæren oppførte seg under nordlys-

forstyrrelser og fordi en mest mulig ville unngå radiostøy som vanligvis finnes i nærheten av bebyggelse og kraftlinjer.

En annen radarteknikk, kalt *kryssmodulasjonsmetoden* kan også anvendes for målinger i D-laget. Denne metoden bruker to radiosendere, den ene så kraftig at radiopulsen forstyrrer ionosfæren rundt seg. Hvis en måler den virkning forstyrrelsene i en viss høyde har på radiopulser fra den andre senderen, kan en beregne tettheten av frie elektroner.

En tredje metode for måling av elektroner i D-laget er *riometeret*. Dette instrumentet måler styrken av naturlig radiostøy fra verdensrommet. Når tettheten av frie elektroner øker, for eksempel under et nordlysutbrudd, vil radiostøyen svekkes, og en måler et svakere signal enn vanlig. På denne måten gir riometeret et mål på den effekt utbruddet har på radiobølger i ionosfæren.

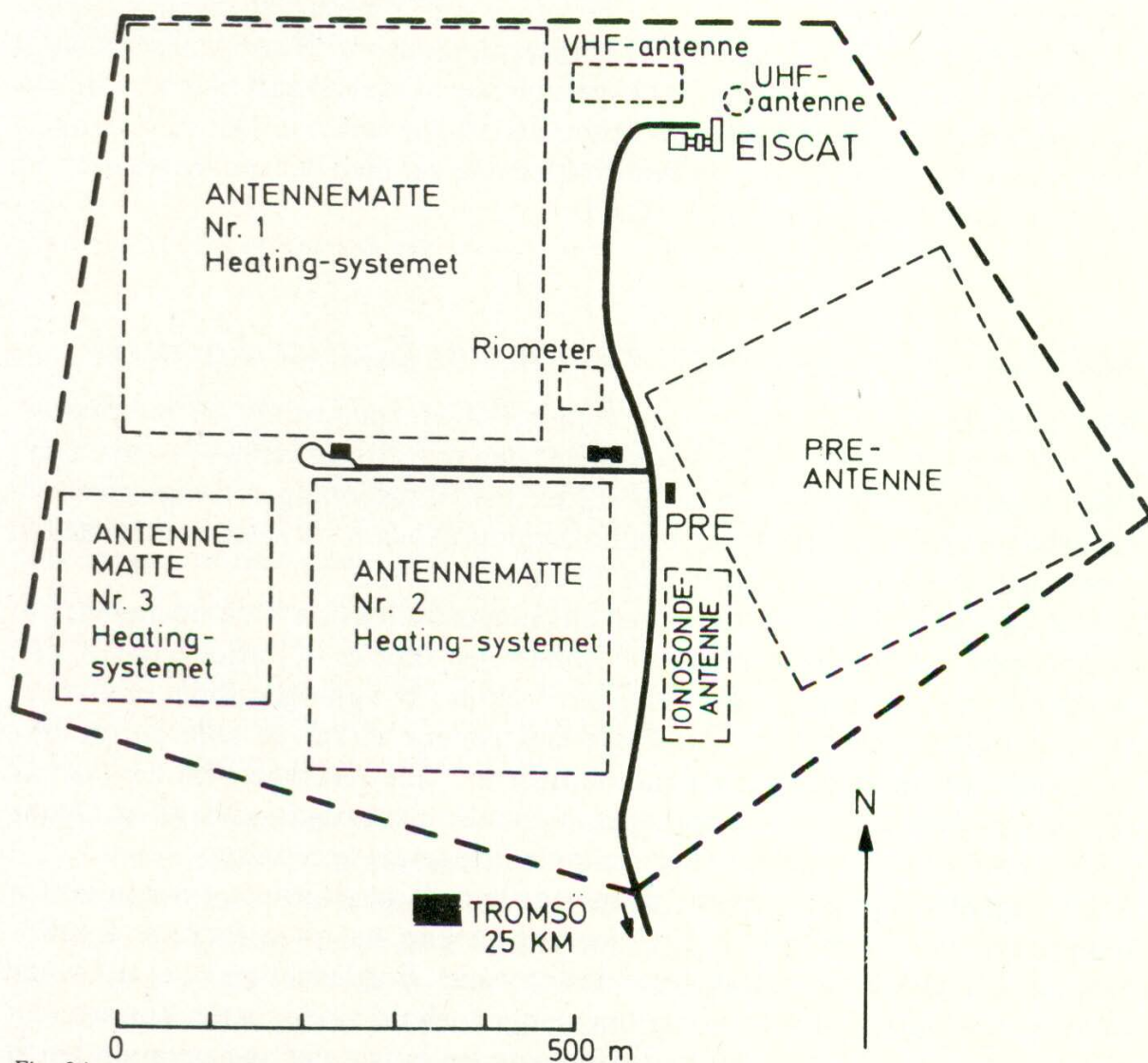


Fig. 24
Kartskisse som viser hvordan området på Ramfjordmoen er utnyttet til antenneinstallasjoner av ulike slag.

Etterhvert som radioteknikken ble forbedret i 60-årene trådte det fram et ønske og behov for å videreutvikle PRE (partielle refleksjoners eksperiment) til større nøyaktighet i bestemmelse av elektrontetthet og høyde, bedre tidsbeskrivelse av plutselige forandringer i ionosfæren, samt hurtigere og mer egnet databehandling.

Grundige forhåndsberegninger viste at et antennesystem som tilfredsstilte de nye krav ville trenge et nett av antenneelementer utspent over et område på minst 130 dekar. Den trange Lavangsdalen hadde ikke arealer for en slik antenne. Nye teknikker hadde redusert kravet til støysvake omgivelser, og etter undersøkelser av flere mulige steder, falt valget på Ramfjordmoen.

I tidsrommet 1973-75 ble det her bygget opp en ny radiofeltstasjon for PRE og beslektede eksperimenter. Ved siden av det store antennesystemet er det på Ramfjordmoen installert ny-utviklede sender- og mottakerenheter. Et komplett dataanlegg sørger for styring av eksperimentet og hurtig innsamling, lagring og analyse av observasjonene.

Med dette og annet tilleggsutstyr som er utviklet ved Nordlysobservatoriet står PRE fram som en hel gruppe eksperimenter med slagkraft til å besvare nye og aktuelle spørsmålstillinger for denne del av atmosfæren. Det er ikke minst lagt til rette for en rekke samordnede undersøkelser med det radarprosjekt som blir beskrevet i neste avsnitt, EISCAT.

«EISCAT» – «European Incoherent Scatter Facility»

Som allerede nevnt i artikkelen om radiobølgeforplantning, vil radiobølger reflekteres fra de elektrisk ledende lagene i den øvre atmosfæren — ionosfæren. Om bølgelengden blir kort nok (10-12 meter) vil radiobølgen trenge gjennom ionosfæren uten å bli reflektert. I radiokommunikasjon via satellitter bruker en som regel bølgelengder mindre enn 30 cm.

Ved slike korte bølgelengder får en altså ingen refleksjon fra ionosfæren. Litt av energien i radiobølgen vil likevel finne veien tilbake til jordoverflaten. Det skyldes at de frie elektronene i ionosfæren settes i svingninger under innflytelse av radiobølgens elektriske felt. Disse elektronene virker da som en samling bitte små antenner som sender radiobølger ut i alle retninger. En liten del av denne gjenutstrålingen kan oppfanges av en følsom mottager på bakken. Denne effekten kaller vi *inkoherent* eller usammenhengende spredning.

Det signalet som når tilbake til mottageren er svært svakt. En kan derfor undres på om denne måten å observere på kan ha noen fordeler framfor ionosonde-metoden som beskrives i neste avsnitt. Fordelen ligger i at det svake signalet inneholder informasjon om mange forhold i ionosfæren. Ionosonde-observasjonene viser stort sett hvordan mengden av frie elektroner varierer med høyden. Observasjon av den inkoherente spredning, gir oss i tillegg til dette også informasjon om temperatur og om systematiske bevegelser (vind, drift).



Fig. 25

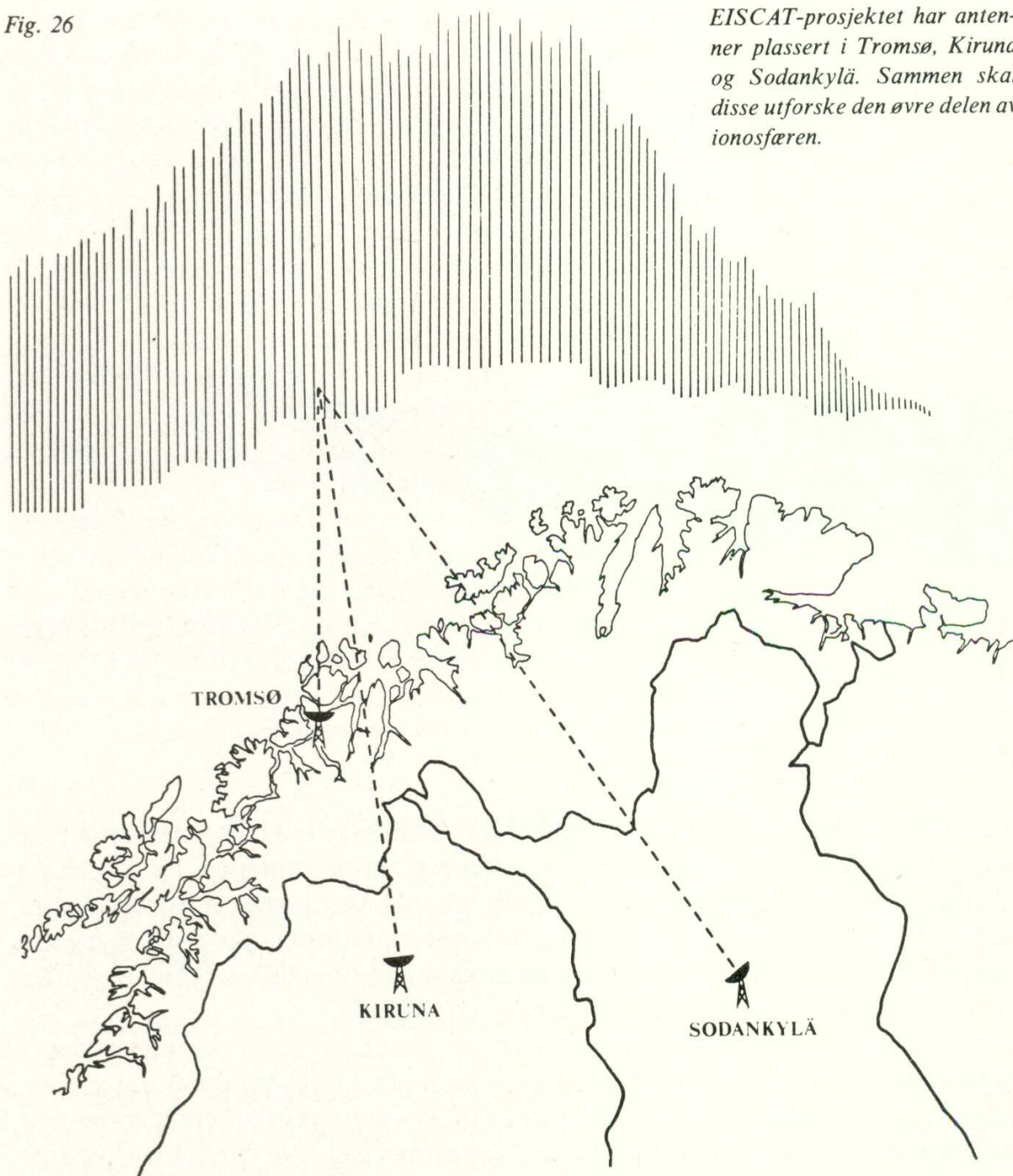
PRE-anlegget på Ramfjordmoen med antennemasten til den nye ionosonden til høyre.

Indirekte gir dette oss et mål for størrelsen av elektriske felt i disse høydene. For å få slike informasjoner er en ellers avhengig av instrumenter i raketter og satellitter, som kan måle på stedet. Da blir det målinger i løpet av korte tidsrom på hvert sted. Det at en, ved hjelp av inkoherent spredning, kan måle så mange størrelser med instrumenter som står på bakken, og dermed er i stand til å måle over lengre tid på samme sted, er ganske enestående.

Fordi det signalet som skal mottas er så svakt, er observasjonene meget vanskelige, og krever en høyt utviklet teknologi. Omkring 1960 var radar-teknikken så vel utviklet at en kunne tenke på å observere inkoherent spredning fra ionosfæren. Det er fire forhold en må rette innsatsen mot for å få best mulige observasjoner med denne teknikken:

- 1) Senderne må ha stor effekt. Jo sterkere signal en sender ut, jo sterkere blir det signalet som kan observeres.
- 2) Antennene må gjøres sterkt retningsbestemt, slik at energien i det utsendte signalet samles i en så smal strålebunt som mulig. Dette betyr grovt sett at antennen må ha et stort areal. Det samme gjelder for mottagerantennen. Ofte brukes samme antenne for samtidig sending og mottaging.
- 3) Mottagerne må gjøres meget følsomme. Det innebærer bl.a. at deler av mottagerne må kjøles med flytende nitrogen (eller helium) for å redusere støy som skriver seg fra mottageren selv.

Fig. 26



EISCAT-prosjektet har antenner plassert i Tromsø, Kiruna og Sodankylä. Sammen skal disse utforske den øvre delen av ionosfæren.

- 4) En må benytte meget avanserte databehandlingsmetoder. Det signalet en mottar vil inneholde mange forstyrrelser (støy) i tillegg til det ionosfærespredte signalet en er interessert i. Med moderne databehandlingsteknikk kan en vinne meget på dette området.

Felles for alle de fire punktene ovenfor er at de fører til kostbare installasjoner. Det ville være utenkelig for en liten institusjon som Nordlysobservatoriet å bygge et eget radaranlegg for observasjon av inkohærent

spredning. Når et slikt anlegg nå er under oppførelse, og vil stå ferdig til bruk i 1981, skyldes det et omfattende internasjonalt samarbeid.

Etter forberedende arbeider av forskere og forskningsadministratorer gjennom flere år, kunne representanter fra seks europeiske nasjoner i 1974 underskrive en avtale om opprettelsen av EISCAT. EISCAT står for *European Incoherent Scatter Radar in the Auroral Zone*, og representerer et samarbeid mellom forskningsinstitusjoner i Storbritannia, Frankrike, Vest-Tyskland, Sverige, Finland og Norge. Norges Almenvitenskapelige Forskningsråd (NAVF) er den norske medlemsorganisasjonen. Sammen med Universitetet i Tromsø har NAVF stått for finansieringen av det norske bidraget til anlegget. En meget stor del av dette bidraget har vært i form av utviklingsarbeid og produksjon av viktige deler av databehandlingsutstyret i laboratoriene ved Nordlysobservatoriet. I produksjonsfasen har en også formidlet oppdrag til lokal elektronisk industri.

EISCAT-anlegget har installasjoner på tre forskjellige steder. Hovedanlegget er i Tromsø. Det omfatter radarsendere og mottagere på to frekvenser eller bølgelengder. Den høyeste frekvensen er i det som kalles UHF-området, 933 MHz, som svarer til en bølgelengde på 32 cm. Den andre frekvensen er lavere, i VHF-området, 224 MHz, svarende til bølgelengden 1,3 meter.

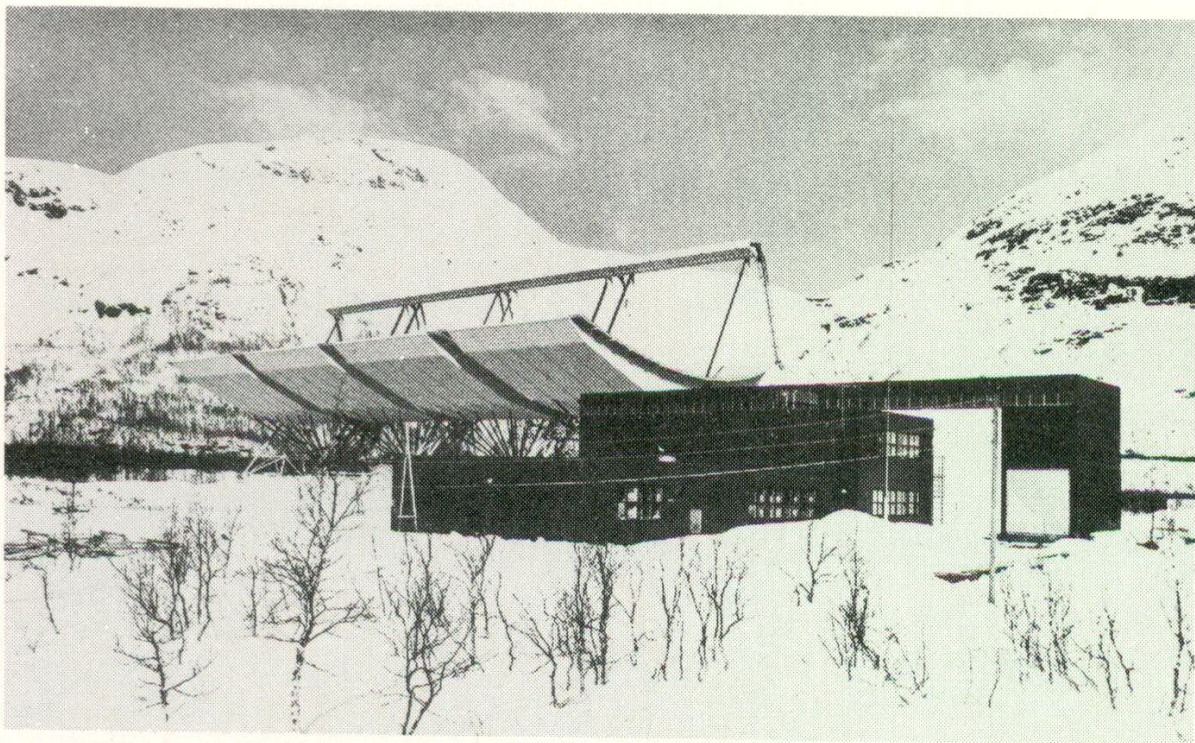


Fig. 27

EISCAT-anlegget med den store VHF-antenna. Den har en lengde på 120 m og en bredde på 40 m og består av 4 paneler som kan styres uavhengig av hverandre. I huset i forgrunnen skal radiosenderen monteres.

For den høyeste frekvensen er det mottagerstasjoner i Kiruna i Sverige og i Sodankylä i Finland. Antennene som benyttes på denne frekvensen er alle tre stedene sirkulære «skåler» lik den mange vil ha sett på mindre radaranlegg. Men i vårt tilfelle er skålens diameter hele 32 meter, og de er montert slik at de kan «peke» i alle retninger på himmelen. Antennene i Kiruna og Sodankylä rettes da inn slik at deres følsomhetsområde krysser den utsendte strålebunten fra Tromsø på samme sted, og i det området av ionosfæren som en ønsker å studere. Det er særlig for undersøkelser av bevegelser i ionosfæren at en trenger alle tre stasjonene.

For den laveste frekvensen brukes en annen antenntype, som mer ser ut som en del av en stor sylinder. Den er 40 meter høy og 120 meter lang. Denne antennen kan bare dreies opp og ned i meridianplanet, ikke sideveis. På denne frekvensen er sender og mottager i Tromsø, uten noe tilsvarende på de andre stasjonene. Det er imidlertid en mulighet for at en forskningsgruppe i Sovjetunionen kan komme med i samarbeidet, og det vil i så fall bli ved at den bygger en mottagerstasjon for VHF-frekvensen et sted nær grensen mot Finland.

EISCAT-anleggene vil sikre fremragende forskningsmuligheter for fysikere innen dette arbeidsfeltet. For de deltagende institusjonene i Nord-Skandinavia representerer dette en dobbelt ressurs; en får muligheter for arbeid med det mest moderne utstyr. Dertil vil en få et aktivt internasjonalt miljø å arbeide i.

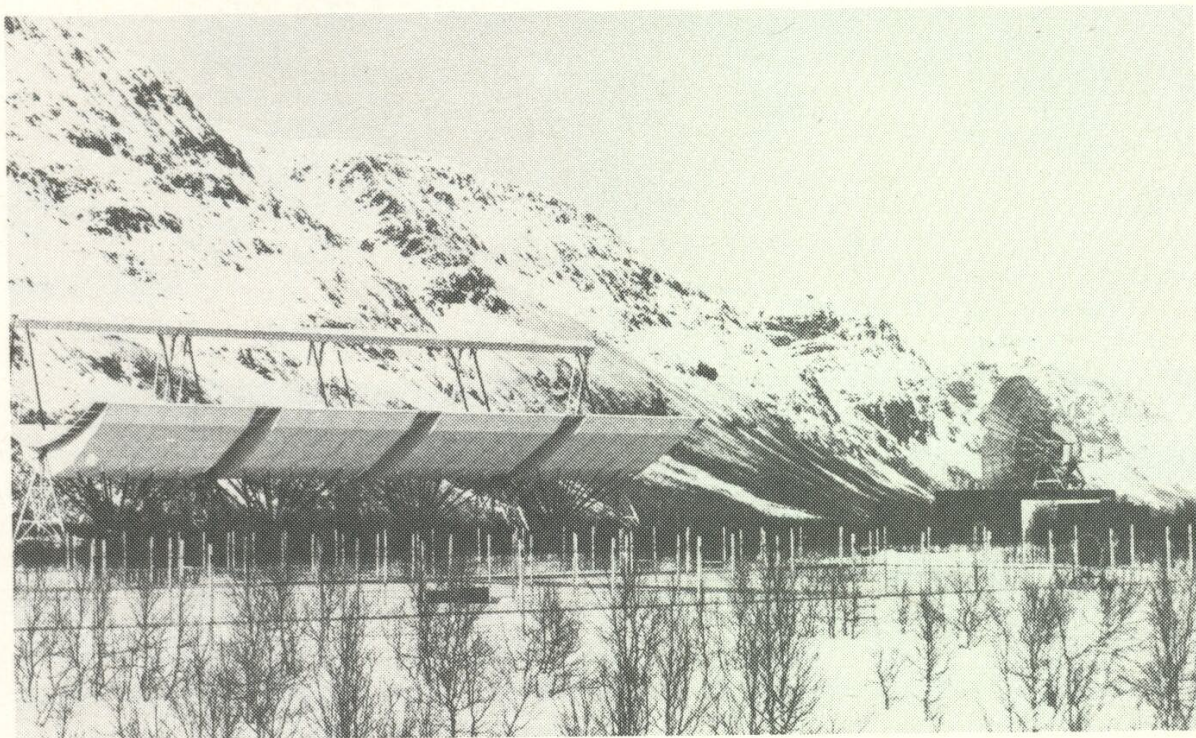


Fig. 28

Antennesystemer på Ramfjordmoen. På stolpene i forgrunnen er antenna til HEATING-eksperimentet montert. Til venstre i bakgrunnen den store VHF antenna (40 × 120 m) og til høyre UHF antenna som har en diameter på 32 m.

Internasjonalt samarbeid omkring store forskningsinstallasjoner er ikke noe nytt, men det er en viss tilfredsstillelse i at en meget stor del av de fysiske anlegg en er med på å betale for, denne gang er plassert i Norge.

«HEATING»-anlegget

HEATING-anlegget er en tredje stor installasjon på Ramfjordmoen som Universitetet i Tromsø med forskningsgruppen på Nordlysobservatoriet tar del i.

Anlegget som er et vesttysk-norsk samarbeid består av 3 antenneanlegg i området 3 til 8 MHz. Til antenneanlegget som dekker nesten 400 dekar, er det benyttet 12 radiosendere med en samlet effekt på 1.2 MW. Idet effekten fra anlegget sendes ut i smale strålebunter, vil en kunne få avsatt så mye energi i et lite område av ionosfæren at en faktisk får en lokal oppvarming. Siden anlegget kan kontrolleres både med hensyn til frekvens, effekt og pulsmønster, kan en utføre en mengde forskjellige eksperimenter som forstyrrer ionosfæren. En kan for eksempel på en kontrollert måte forandre forplantningsevnen til radiobølger lokalt over Ramfjordmoen og sågar skape kunstig nordlys.

Ved å benytte «HEATING»-anlegget og de andre installasjonene på Ramfjordmoen kan en samtidig med at en utfører kontrollerte forstyrrelser, observere effekten av disse på mange områder og dermed trekke ut kunnskap om viktige prosesser i ionosfæren i forbindelse med nordlysførstyrrelser og radiobølgeforplantning.

Det er Universitetet i Tromsø som står for leie av grunn, mens Max-Planck Instituttet i Vest-Tyskland har bygget anlegget. Begge grupper vil være likeverdige partnere ved framtidige eksperimenter på anlegget.

Ionosondeprogrammet

Den siste av installasjonene på Ramfjordmoen er en såkalt ionosonde. Den er en moderne utgave av et instrument som har vært i drift på Nordlysobservatoriet siden 1930-årene. Ordet *ionosonde* er sammensatt av «iono» og «sonde». «Iono» henspeiler på ionosfære som bl.a. er beskrevet i artikkelen om radiobølgeforplantning i atmosfæren (side 38). «Sonde» er avledet av ordet sonde og betegner et instrument som benyttes ved indirekte undersøkelser. Instrumentet består av en radiosender og mottaker og er egentlig en radar. Det anvendes for å kartlegge hvordan elektrontettheten varierer med høyden. Metoden gjør bruk av radiobølger, til dels av kort varighet (pulser), som reflekteres fra ionosfæren, og målingene betegnes derfor ofte *radioekko-målinger*.

Den nye ionosonden på Ramfjordmoen er svært avansert. Det anvendes moderne teknologi, og instrumentet er fullstendig regnemaskinstyrt. Den er nå i prøvedrift og vil inngå som en integrert del av forskningsvirksomheten ved

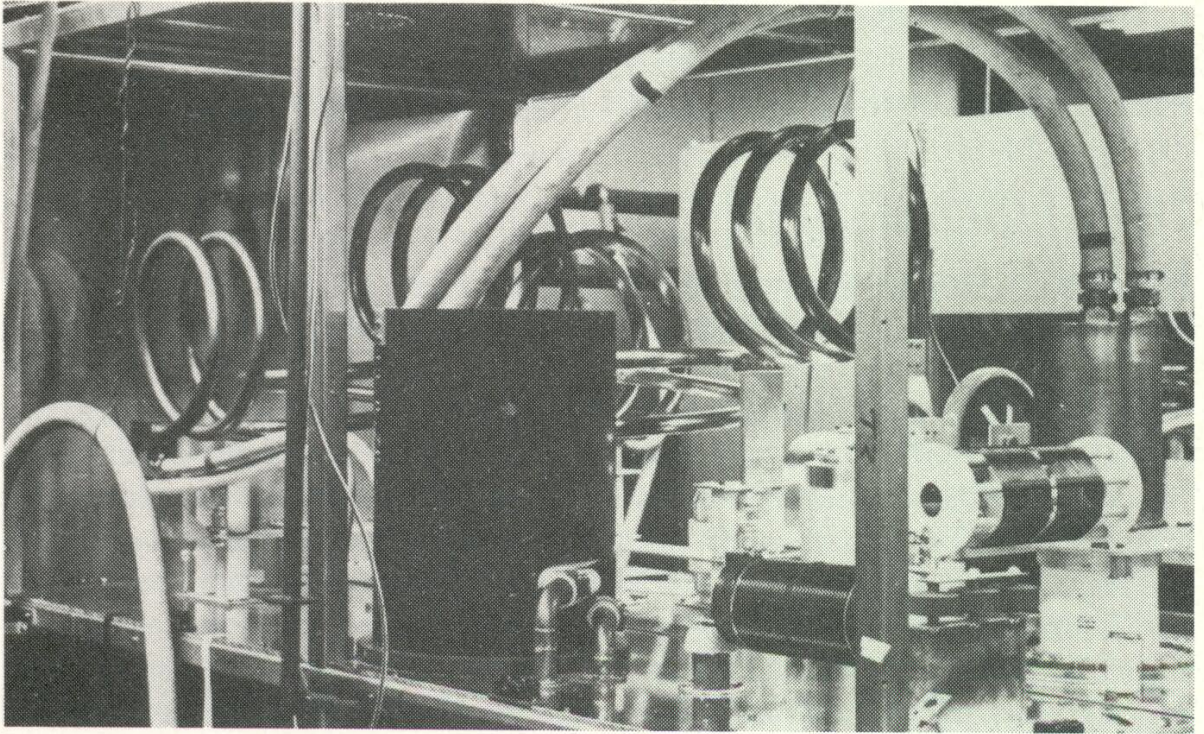


Fig. 29

Litt av utgangstrinnet for en av de 12 senderne for «Heating»-prosjektet på Ramfjordmoen. Disse senderne kan totalt gi 1200 kW effekt ut til antennesystemet.

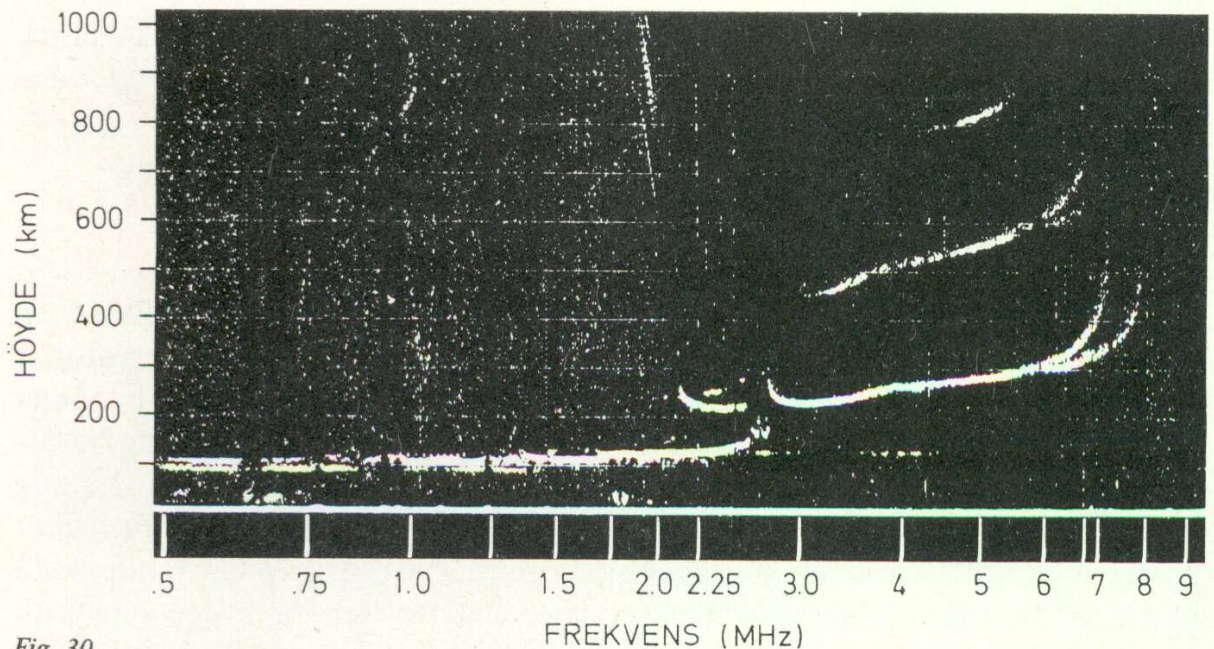


Fig. 30

Ionogram tatt fra Nordlysobservatoriet i Tromsø. De forskjellige horisontale strekene viser hvilke frekvenser vi får reflektert fra ulike høyder. De laveste frekvenser (opptil 2.8 MHz) blir reflektert i E-laget i ca. 100 km høyde. Deretter får vi refleksjon i F-laget og kanskje noen signaler som er reflektert flere ganger. Frekvenser hvor radiobølger slipper gjennom, gir informasjon om elektrontettheten i dette laget.

Ramfjordmoen Forskningsstasjon, dels som rutineinstrument og dels som støtteinstrument for andre eksperimenter.

Bruk av ionosonde bygger på ekko-prinsippet: Det sendes ut en puls som reflekteres, og ekko-tiden er da et mål for avstanden til reflektoren.

Refleksjon av radiobølgene skjer dersom elektrontettheten i atmosfæren er større enn en viss grense. Det virker da som om en har et reflekterende lag i en viss høyde. Ut fra en tidsmåling kan høyden til dette laget bestemmes. Ionosonden på Ramfjordmoen har sendere for en rekke frekvenser som prøves etter tur - styrt av datamaskinen.

Et ionogram viser hvilken høyde en får refleksjon for ulike frekvenser. Den første refleksjonen fås i en høyde av ca. 100 km. Det kalles E-laget. Når frekvensen øker, slipper radiobølgene etter hvert gjennom E-laget, men kan stoppes i et F-lag i ca. 300 km høyde. Dersom vi for en frekvens verken finner E- eller F-lag, betyr det at denne frekvensen ikke kan brukes til kommunikasjon mellom steder på bakken. Opplysningene brukes også til å beregne ionosfærens elektrontetthet.

Skibotn tverrfaglige feltstasjon

På grunn av det økende folketall i Tromsø by som fører til stadig sterkere lysforurensninger, ble det etter hvert vanskelig å utføre enkelte av de optiske nordlysobservasjonene fra Nordlysobservatoriet. I 1971 ble det derfor opprettet

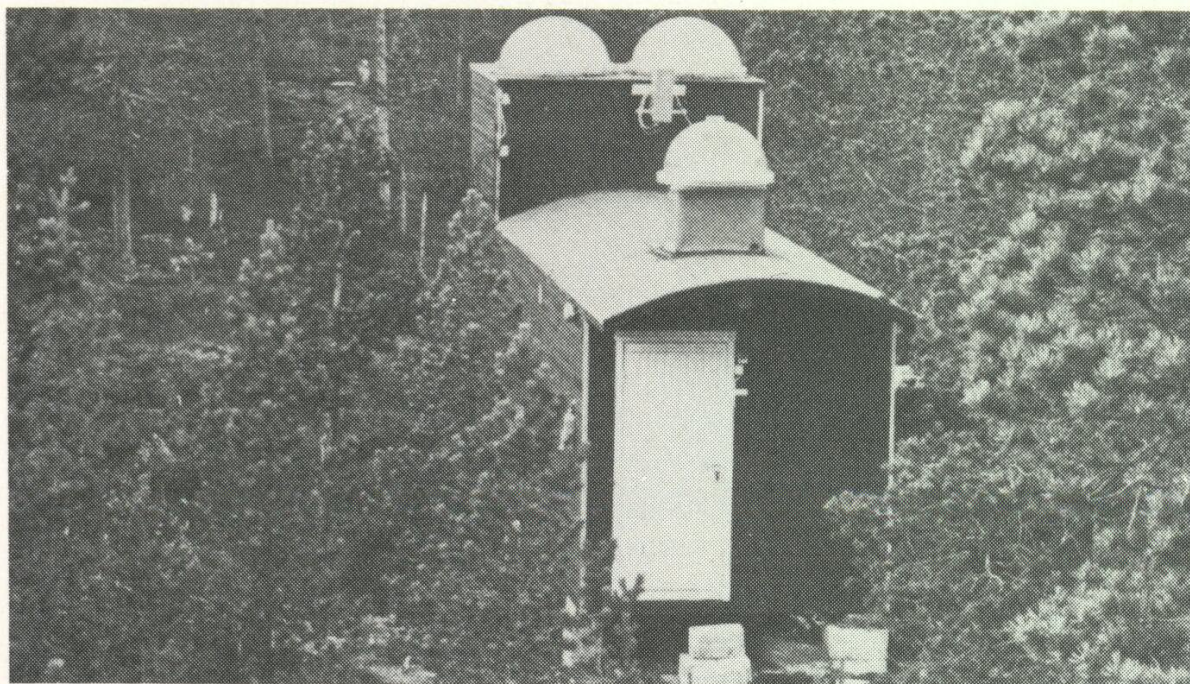


Fig. 31

Provisorisk nordlysobservatorium i Skibotn fra 1971. Brakka er utstyrt med kupler for ulike nordlysinstrumenter. På taket og ut gjennom veggene er montert fotometre.

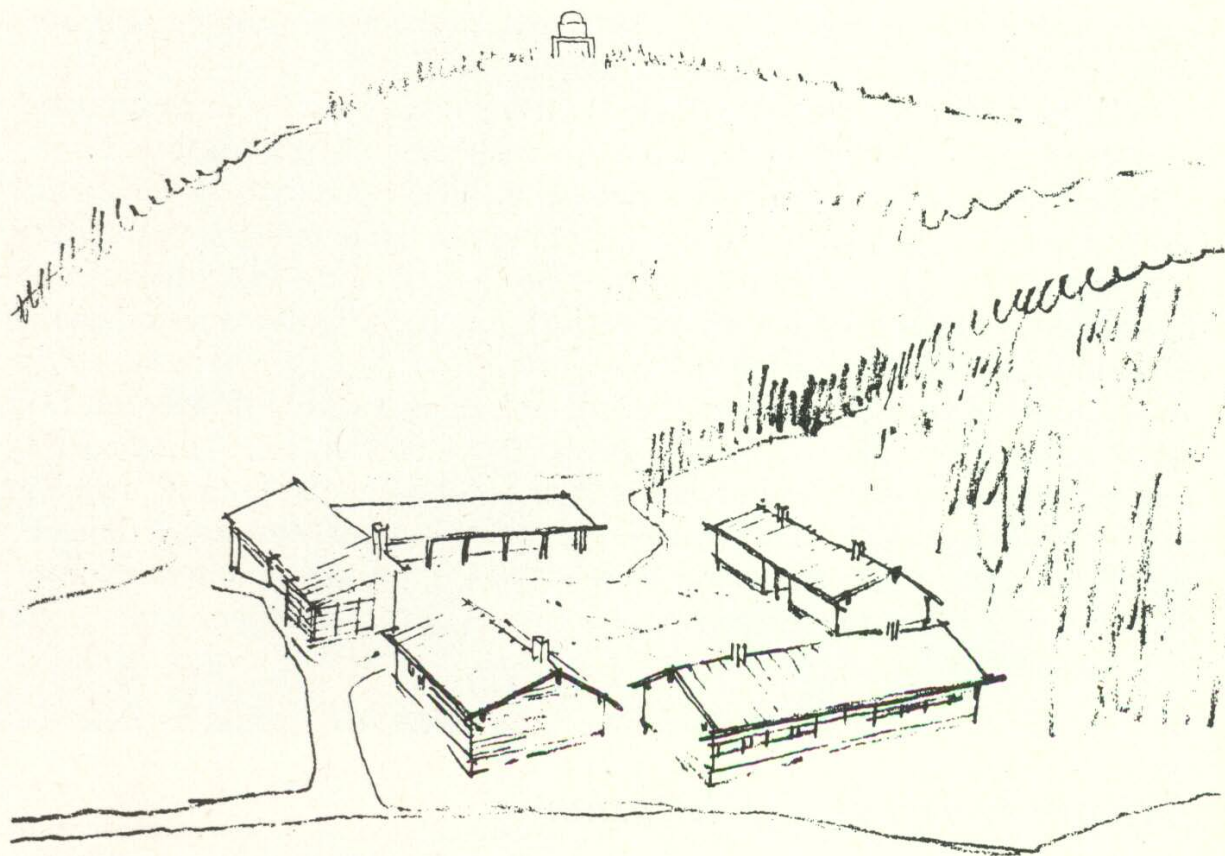


Fig. 32

Skibotn Tverrfaglige Feltstasjon - under bygging 1980/81. Den skal inneholde laboratorium, kjøkken, spise- og oppholdsrom samt 5 overnattingshytter for å kunne ha grupper på 30 studenter på kurs. Dette er et samarbeidsprosjekt mellom Institutt for Biologi/Geologi og Institutt for matematiske realfag som har overtatt ansvaret for Nordlysobservatoriet. Instrumentbygget ser vi oppe på toppen av åsen. (Tegning Jan Østgaard.)

en provisorisk utestasjon på Olderbakken ved Skibotn - 120 km fra Tromsø. Skibotn ble valgt fordi det etter klimastatistikken er det sted i Norge som har mest klarvær. Størstedelen av dette klarværet kommer i vinterhalvåret.

Det første nordlysobservatorium i Skibotn var en standard arbeidsbrakke utstyrt med observasjonskupper. Denne er nå montert sammen med andre brakker og er helt til venstre i figur 33. Under kuppene står det forskjellige instrumenter. Andre instrumenter stikker ut gjennom hull i veggen eller er montert i terrenget utenfor. Et nytt instrument som ble tatt i bruk i 70-årene er et nordlys TV-kamera - spesielt bygget for lavt lysnivå. Figuren på s. 105 viser bølgemønsteret i svakt nordlys fanget inn ved hjelp av et slikt kamera.

Da Nordlysobservatoriet gikk inn i Universitetet kom det en del nye stillinger - og den faglige profilen fikk større bredde. Det ble planlagt på sikt å bygge opp en gruppe i astrofysikk. Instituttet vedtok i 1974 å bygge et lite optisk astronomisk observatorium - primært for undervisningsformål. Siden ønskene om observasjonssted kunne forenes ble det planlagt et felles observatorium for nordlys- og astrofysikk.

Observatorium ved Øvrevann

Universitetet i Tromsø har søkt å forene ønskene om bygging av feltstasjoner slik at flere fagområder kunne bruke samme stasjon. I Skibotn kom botanikere/zoologer/geologer og fysikere til enighet om en felles stasjon som nå er under bygging. Den ventes å stå fullt ferdig i 1981 slik skissen (fig. 32) viser. Stasjonen ligger i nærheten av Øvrevann. Den gir mulighet for å holde biologiske feltkurs med opptil 30 studenter. Om vinteren har biologene lite feltvirksomhet - og stedet vil da stort sett bli brukt av fysikerne som sannsynligvis vil ha en god del besøkende fra inn- og utland med seg, for å utføre optiske nordlysobservasjoner.

Ca. 300 m unna (på tegningen oppe på åsen i bakgrunnen) finner vi teleskophuset. Dette var ferdig til bruk i slutten av 1977. Da ble også den provisoriske nordlysstasjonen på Olderbakken lagt ned og flyttet opp i nærheten av teleskophuset.

Astronomisk teleskop

Teleskopet ble montert og satt i drift i 1978. Det har en hovedspeildiameter på 0.5 m - og er det største astronomiske teleskop i Norge. Det betyr ikke at det er noe spesielt *stort* instrument. Det regnes for å ha minimumsstørrelsen for å



Fig. 33

Skibotn Astronomiske observatorium ble bygget i 1977, og et 50 cm peileteleskop ble montert i 1978. Beliggenheten er ved Øvrevann, ca. 6 km fra sentrum i Skibotn.

kunne utføre profesjonelt arbeid. Det er spesielt konstruert for å kunne utnyttes til mange forskjellige typer observasjoner. Hittil er bare muligheten for å observere i Cassegrain-fokus (dvs. bak teleskopet) tatt i bruk. Her kan en for eksempel henge fotometre av ulike slag. Disse mottar lys fra f.eks. en stjerne og gjør dette om til elektriske pulser som telles opp som et mål for stjernens lysintensitet. På denne måten er det mulig å måle stjernelyset med langt større presisjon enn ved fotografering.

Bildet (fig. 35) viser det mest avanserte fotometer som er bygget til teleskopet. Fotometeret styres av en datamaskin. Denne tar også imot lypulsene og viser resultatet på en skjerm - slik at observatøren kan se måleresultatet med en gang. Det som er spesielt interessant, er å bruke de lange vinternettene i mørketiden til å få lange sammenhengende observasjonsserier. Da kan det være mulig å finne forklaring på lysvariasjoner hos enkelte stjerner som det ellers er vanskelig å finne ut av.

Figur 36 viser resultatet av en observasjonsserie fra desember 1978. Kurven viser hvordan lyset fra to stjerner som står svært nær hverandre varierer over et tidsrom på ca. 14 timer. På denne tiden går stjernene i bane rundt hverandre 2 ganger - og vi får se stjerneparet fra forskjellige sider. Øverst på figuren antydes hvordan lyskurven kan forklares ut fra en bestemt modell for utseendet av denne dobbeltstjernen. Teleskopet brukes også til nordlysobservasjoner. Det gir mulighet for å observere detaljer i nordlyset som hittil ikke har vært studert.

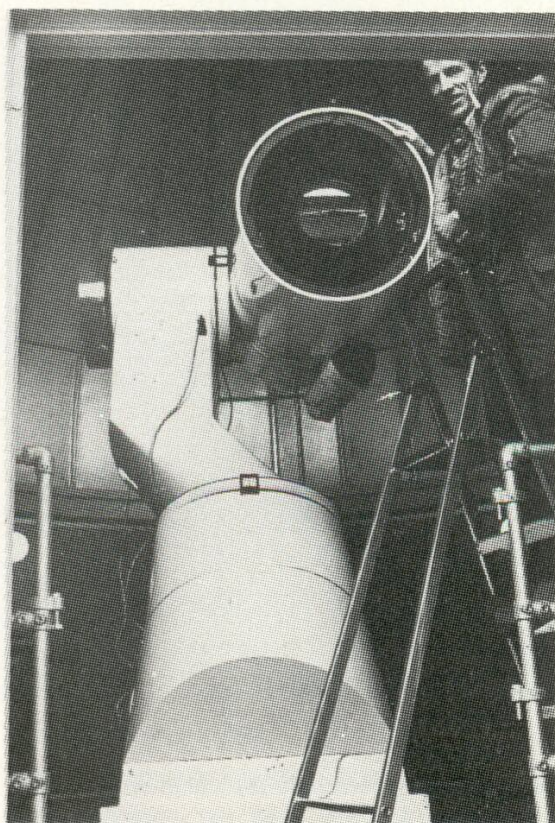


Fig. 34
Et 50-cm reflekterende speilteleskop bygget av Lorentz Scientific Ltd., Canada, utgjør hovedinstrumentet ved det astronomiske observatorium i Skibotn. Det er samtidig Norges største astronomiske teleskop.

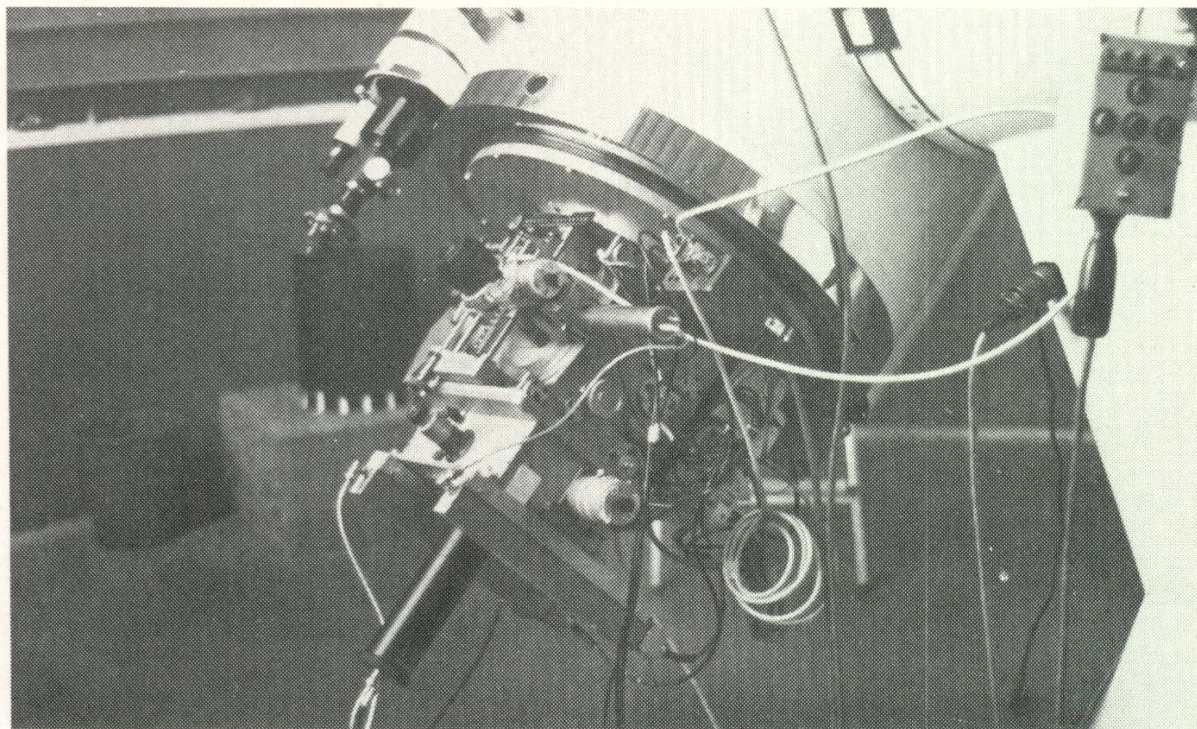


Fig. 35

Fotometer montert på teleskopet i Skibotn. I dette instrumentet fokuseres stjernelyset i en liten blender. Lyset registreres av en fotomultiplikator som gjør om lys til elektriske pulser som registreres av en datamaskin. Knappene til høyre i bildet brukes til å styre teleskopet.

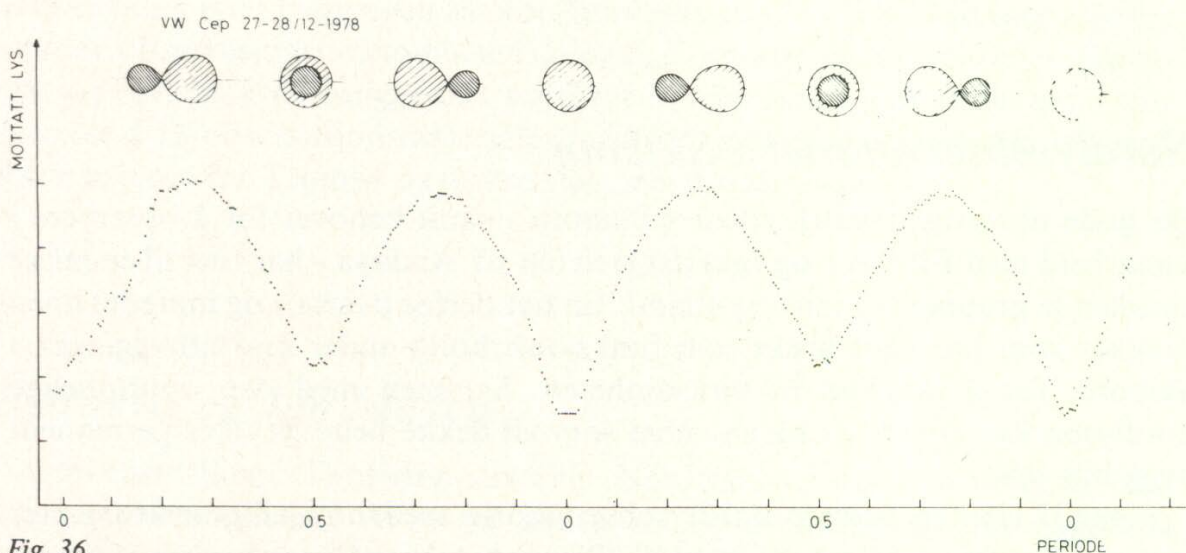


Fig. 36

Observasjon av 2 omløp av en såkalt nær dobbeltstjerne 27-28/12 1978 ved Skibotn Observatorium. Kurven viser hvordan lyset fra stjernene varierer (logaritmisk skala) i løpet av ca. 14 timer. I denne tiden gjør stjernene 2 omløp omkring hverandre - og viser systemet fra ulike sider. Formen på kurven kan fortelle hvordan stjerneparet ser ut. Over kurven er dette antydnet med små skisser. En omløpsperiode er 6-7 timer.

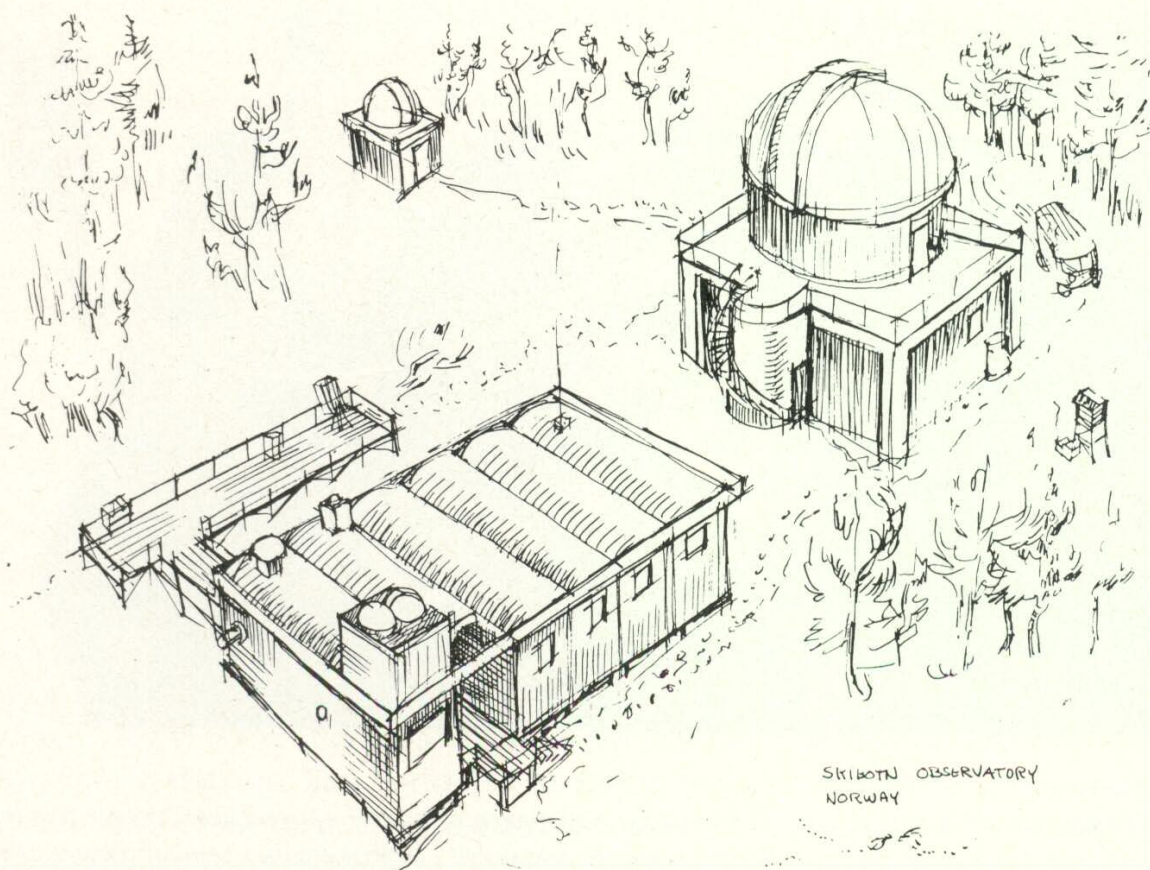


Fig. 37

Skibotn Observatorium slik det ser u i begynnelsen av 1980. Brakkene til venstre utgjør nordlysavdelingen. I bakgrunnen et lite amatørastonomisk observatorium. (Tegning Ove Harang.)

Nordlysobservatoriet i Skibotn

De gode observasjonsforholdene i Skibotn - samt behovet for å observere i samarbeid med EISCAT og rakettskytefeltet på Andøya - har ført til en rekke besøkende grupper fra inn- og utland. En har derfor overtatt og innredet noen brakker som har vært brukt som funksjonær bolig under kraftutbyggingen i Skibotn, for å få plass til virksomheten. Sammen med den opprinnelige nordlysbrakka utgjør de nå en enhet som vil dekke behovet til et permanent bygg blir reist.

Figur 37 viser en skisse av nordlysobservatoriet med forskjellige instrumenter stilt opp utenfor og på taket (i kupler). Gjennom taket på en av brakkene sendes det opp en tynn lysstråle. Dette er fra et LASER-instrument som skal plasseres på observatoriet i samarbeid med en fransk forskningsgruppe. Denne laserstrålen skal brukes til å observere forhold i den øvre atmosfære - og vil være et hovedprosjekt for nordlysforskningen i Skibotn i begynnelsen av 80-årene.

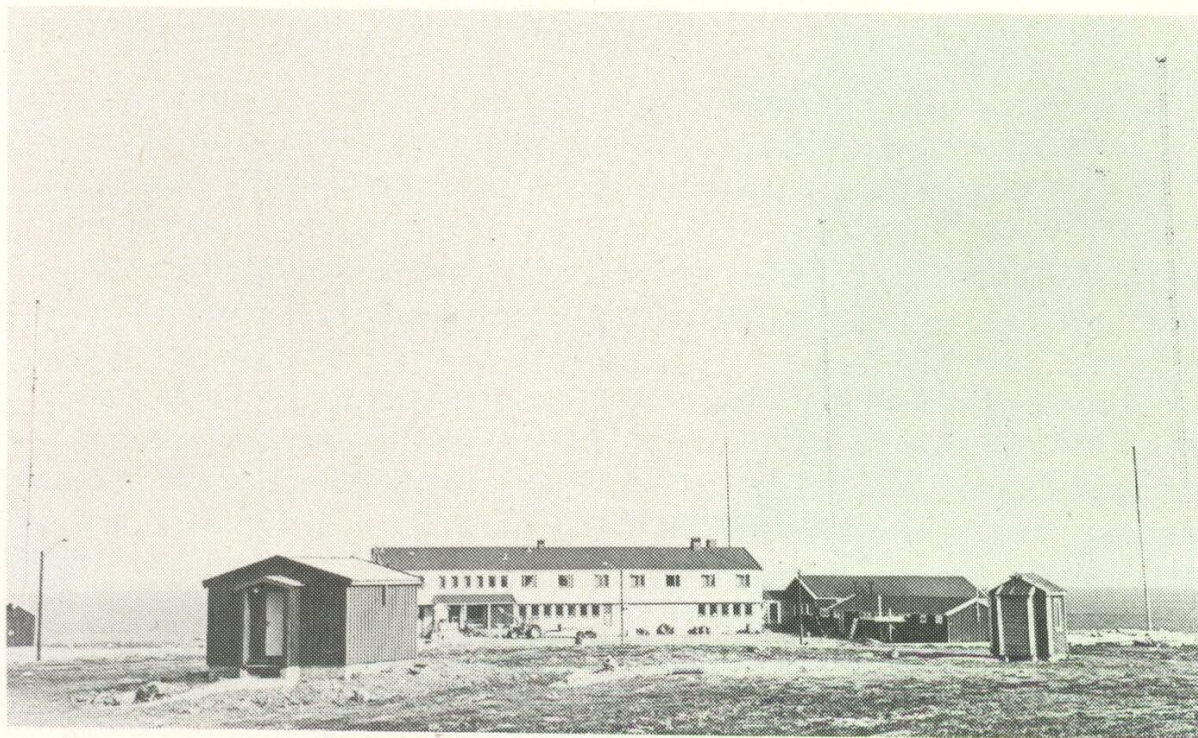


Fig. 38

Den nye meteorologiske stasjon på Bjørnøya med magnethyttene i forgrunnen.

Virksomheten i Ishavs-området

Ganske tidlig etter byggingen av Nordlysobservatoriet ble det vist interesse for å utvide observasjonsvirksomheten til også å omfatte Ishavs-området. Bjørnøyas og Spitsbergens beliggenhet nord for nordlyssonen gjør at det er av stor interesse å få observasjonsmateriale fra disse steder for sammenlikning med observasjoner fra Tromsø og andre stasjoner lenger syd.

Bjørnøya og Jan Mayen

Amanuensis Einar Tønsberg som ble Nordlysobservatoriets bestyrer etter krigen, var sommeren 1934 på Bjørnøya og monterte en jordmagnetisk variometerstasjon ved Vervarslingas stasjon på Tunheim. Disse instrumentene var i drift helt til stedet ble rasert ved den allierte aksjonen i 1941.

Etter krigen fikk Vervarslinga bygd ny meteorologisk stasjon i Hervikhavn på nordsida av øya, og i 1948 fikk observatoriet igjen satt i drift en jordmagnetisk variometerstasjon. Instrumentene ble høsten 1968 flyttet over i

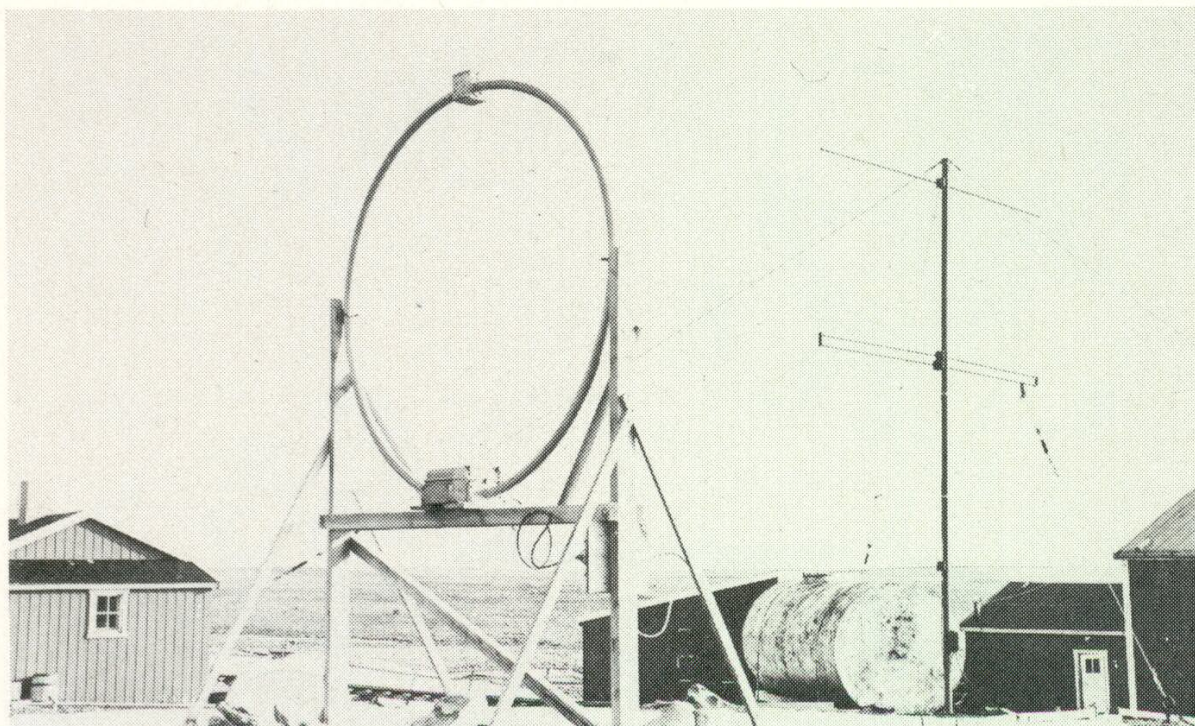


Fig. 39

VLF-antenne og riometerantenne montert for radiostøyregister på Bjørnøya.

nytt spesialbygd, umagnetisk hus, og fra da av har vi en utmerket magnetisk stasjon som gir gode og stabile registreringer.

Da Vervarslinga i 1968 fikk ny meteorologisk stasjon med 220 V aggregater (tidligere 110 V batteridrift), ble det mulig å utvide virksomheten. Det ble da montert en VLF- og en riometerregistrering. VLF-mottakeren (very low frequency) registrerer støy fra nordlyset på 8 kHz, og riometeret er en meget følsom mottaker som registrerer elektromagnetisk brus (radiobølger) fra verdensrommet på 30-40 MHz. Ved partikkelstråling med påfølgende nordlys og magnetiske stormer vil disse signaler bli mer eller mindre absorbert i ionosfæren, og det er av interesse å studere disse absorpsjonsfenomener i forbindelse med nordlys og magnetiske forstyrrelser for å få bedre forståelse av fysikken i disse fenomener.

Det store havområdet mellom Norge, Svalbard, Grønland og Island har representert et stort gap i den internasjonale observasjonskjeden. Jan Mayen peker seg ut som den eneste mulighet til å få plassert instrumenter i dette området. Høsten 1977 fikk vi satt opp en jordmagnetisk variometerstasjon, og høsten 1979 fikk vi montert et riometer på 30 MHz og 40 MHz i samarbeide med Ionosfærelaboratoriet ved Danmarks Tekniske Højskole hvor instrumentene er konstruert. Det er samme type riometer som også benyttes på Bjørnøya og i Ny-Ålesund.

Rutinemålinger på Svalbard

Den første tilknytning Nordlysobservatoriet hadde til virksomheten på Spitsbergen var da en hovedfagsstudent oppholdt seg i Longyearbyen vinteren 1950-51 for å måle luftens osonlag ved hjelp av variasjonene i den ultrafiolette stråling fra en bestemt stjerne.

I september 1963 ble det startet en mer permanent virksomhet på Spitsbergen da det ble montert et såkalt all-sky kamera ved Isfjord Radio på Kapp Linné (forklart på side 71).

Sommeren 1964 ble virksomheten utvidet med montering av en jordmagnetisk variometerstasjon, et riometer på 27 MHz, en VLF-mottaker på 8 kHz og et senitfotometer. Dette instrumentet består av en fotomultiplikator som forsterker svake lyssignaler. Foran vinduet på multiplikatorrøret kan en sette et interferensfilter som bare slipper igjennom lys av en bestemt bølgelengde i nordlysspekteret som en måtte være interessert i å følge variasjonene i. For å overvåke nordlysaktiviteten over et sted lar en gjerne et slikt fotometer stå innstilt mot senit og lar det koble seg inn om kvelden og ut om morgenen.

Alle disse målinger var i gang til våren 1965. ESRO bygget da sin satellittelemetristasjon i Ny-Ålesund, og det var da mest naturlig og praktisk å flytte virksomheten dit for å samle alle beslektede vitenskapelige virksomheter på ett sted. Etter at ESRO-stasjonen ble nedlagt i 1974, er alle virksomhet i Ny-Ålesund kanalisert gjennom Norsk Polarinstitutt.

Foruten rutinemålingene brukes Svalbard til observasjonssted både for optisk (synlig) nordlys og for spesielle radiomålinger. I det følgende skal noen av disse typer observasjoner beskrives mer inngående.

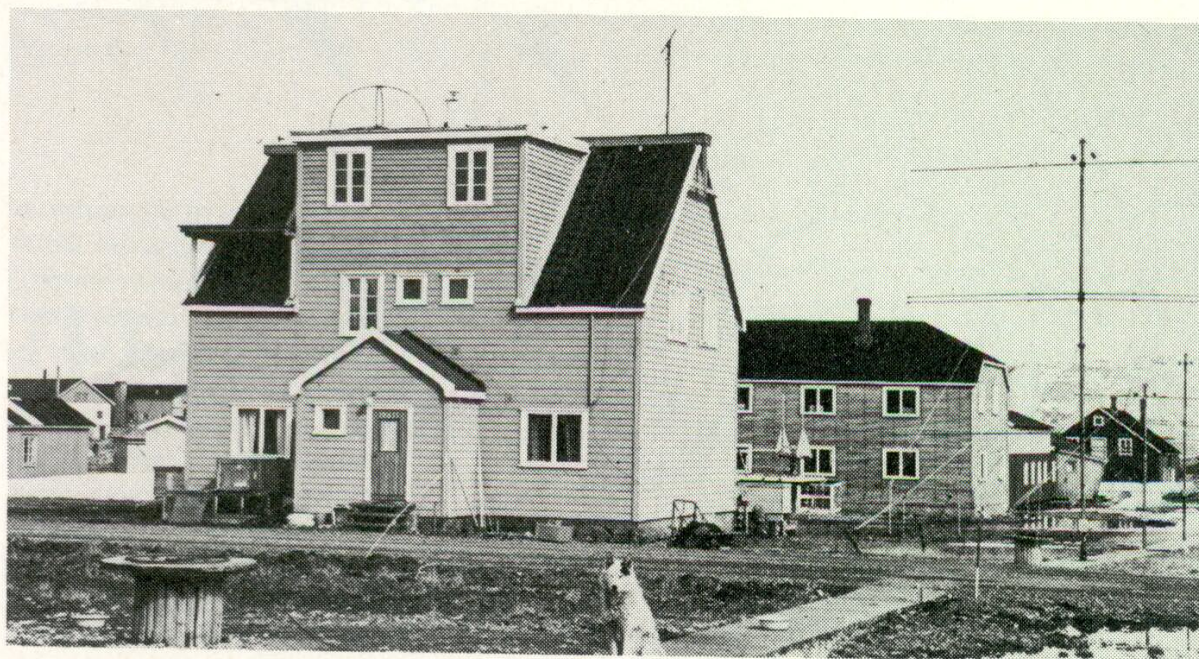


Fig. 40

Forskningsstasjonen i Ny-Ålesund. Vi ser «all-sky»-kameraet montert på taket av huset i forgrunnen.



Fig. 41
Observasjonshytter i Ny-Ålesund.

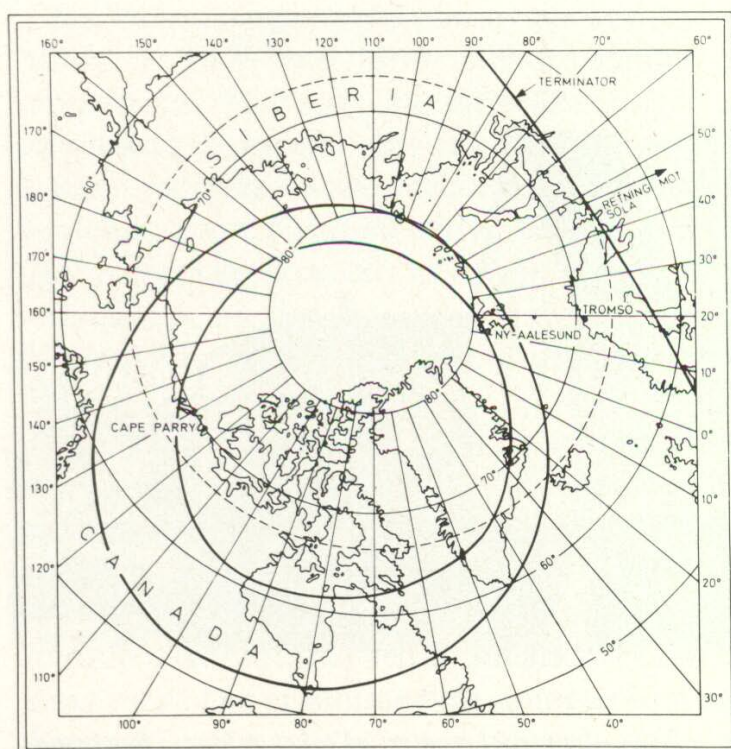


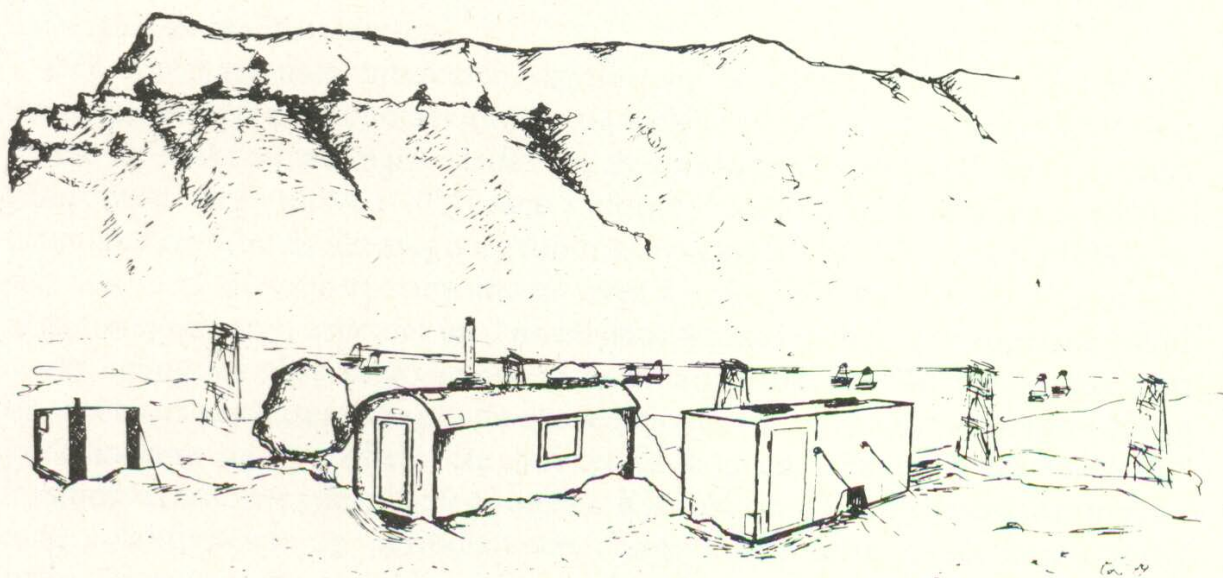
Fig. 42
Den nordlige nordlysovalen ved moderat geomagnetisk aktivitet. Nordlysovalen er sentrert i forhold til den geomagnetiske polen, og Svalbard ligger på dagsiden. Nordlysovalen er tegnet for vintersolhverv midt på dagen med sola i geomagnetisk sør. Nord for terminator (grenselinjen mellom dag og natt), angitt ved en tykk linje, er sola under horisonten. I dette tilfellet faller terminator og polar-sirkelen sammen midt på dagen, noe som forekommer midt-vinters. (v/ K. Henriksen).

Svalbard og nordlysbeltet (ovalen)

Nordlys er like vanlig på den sørlige halvkule som i nord og er en følge av formen på jordas magnetiske felt. Vanligvis er nordlys sterkest i 100 km høyde, men nordlys er påvist i hele høydeområdet fra 70 til 700 km (figur 13 side 72). De områdene der nordlys forekommer mest hyppig og sterkest, danner ovalformede belter rundt de geomagnetiske polene, kalt nordlysovalene. Disse områdene kan betraktes som faste i forhold til sola, og den døgnlige rotasjonen til jorda har liten innflytelse på beliggenhet og utstrekning. Den nordlige nordlysovalen ligger slik at Tromsø vanligvis er inne i denne om natten, men på sørsiden om dagen.

På geomagnetisk rolige dager, dvs. uten nordlys og forstyrrelser i jordas magnetfelt, ligger nordlysbeltet på dagsiden nordenfor Svalbard, men vil forskyves sørover med økende geomagnetisk aktivitet. Når aktiviteten blir ekstremt stor, kan forskyvningen være bortimot 1000 km. Ved moderat aktivitet er beliggenheten som angitt i figur 42, og under slike forhold vil Svalbard ligge nord for ovalen om natten.

En vesentlig fordel med observasjoner fra Svalbard er den unike beliggenheten i forhold til nordlysovalen på dagsiden. I den amerikanske sektor ligger nordlysovalen på dagsiden mellom 60° og 70° geografisk bredde slik at nordlyset der drukner i sollys.



Nordlysstasjonen i Adventdalen

Fig. 43

Hovedbasen for optiske nordlysobservasjoner ved Longyearbyen, tegnet av Karen Lundberg, Longyearbyen.

På Svalbard er sola vel 10 grader under horisonten midt på dagen midtvinters. Derfor kan dagnordlyset studeres i 2 måneder i mørketida hele døgnet. Når sola stiger mot horisonten, blir det for lyst til at brukbare målinger om dagen kan gjøres selv med de beste instrumenter.

For å måle i hvilken høyde over bakken dagnordlyset skapes, er det nødvendig med samtidige observasjoner fra minst to steder. For øyeblikket brukes stasjonene i Ny-Ålesund og Adventdalen ved Longyearbyen. I tillegg til høyden måles intensitet og fordeling av lyskomponentene i fargesprektret til nordlyset, absorpsjon og spredning i atmosfæren, samt vind og temperatur over 200 km's høyde. Utviklingen av nordlyset for hvert minutt overvåkes ved hjelp av «all-sky» kamera.

Dagnordlyset har en karakteristisk rødfarge, noe som ble påvist for mer enn tyve år siden ved bakkeobservasjoner. En del av dette nordlyset opptre i form av en tilnærmet stasjonær bue som markerer nordlysovalen, men intensiteten er vanligvis så liten at øyet ikke kan registrere den. Nordlysbildet på s. IV ble tatt om kvelden 25. januar 1979 fra Adventdalen. Selv om rødfargen er den samme som om dagen, er fargesammensetningen forskjellig fra dagnordlys. Høydemålingene viser at det røde lyset om dagen skapes lavere i den øvre atmosfæren enn det grønne lyset, mens nordlysbildet på s. IV viser at det røde nordlyset dominerer høyest opp i nordlysformen om kvelden.

Internasjonale forpliktelser

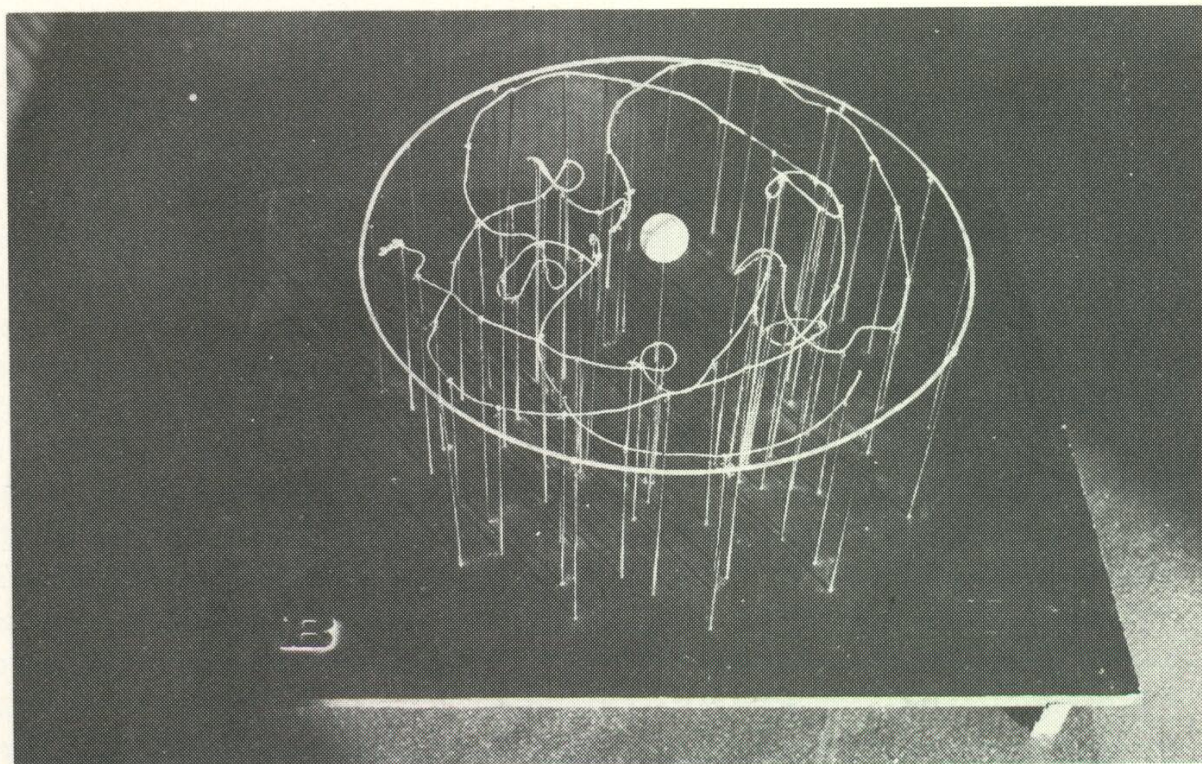
av Asgeir Brekke

I forbindelse med at Nordlysobservatoriet har eksistert i 50 år kan det være på sin plass å spørre om det fortsatt er behov for virksomheten. Svaret er at observatoriet fyller en viktig oppgave i internasjonal forskning.

Behov for nordlysobservatorium på høye breddegrader

Det er ingen tvil om at professor Lars Vegard var krumtappen under planleggingen og oppbyggingen av Nordlysobservatoriet på toppen av Tromsøya. Det er også klart at han hadde en bred internasjonal støtte i dette arbeidet. Velviljen som «Rockefellerstiftelsen» viste ved å bevilge 75 000 dollar til foretandet bevitner dette.

Den internasjonale interessen knyttet seg til ønsket om et videst mulig observasjonsnett rundt polarkalotten og spesielt nordlyssonen. Ser en på kartet finner en raskt ut at ingen steder på den nordlige halvkule finnes det slike velordnede samfunn ved 70°N som i Norge. På disse breddegrader i Alaska, Grønland og Sibir er det evig is og tundra som gjør det lite fristende for folk å slå seg ned med sitt observasjonsutstyr over lengre perioder. De internasjonale organisasjoner som arbeidet med nordlysforskning i mellomkrigstiden hadde et sterkt behov for observasjonsposter i de polare strøk. De observasjonene som ble publisert var basert på spredte ekspedisjoner i disse egner, bar preg av dårlig koordinering og var oftest lite skikket til å gi en fullstendig forståelse for langtidsvariasjoner i de ulike fenomener. Kjennskapet til nordlysets forbindelse med solaktiviteten og periodisiteten i solsyklusen tilsa at en kontinuerlig overvåking av sola og nordlyset var nødvendig for å kunne forstå fenomenets årsaker i detalj. Oppdagelsene av langtidsvariasjonene i jordens magnetfelt økte behovet for rutinemessige målinger av jordmagnetismen. Et nordlysobservatorium i Tromsø ville danne en utmerket plattform for slike langsiktige observasjoner av nordlyset og beslektede fenomen. Dette var noe av hovedtankene bak ønsket om å innlemme et nordlysobservatorium i Tromsø som en del av et verdensomspennende observasjonsnett.



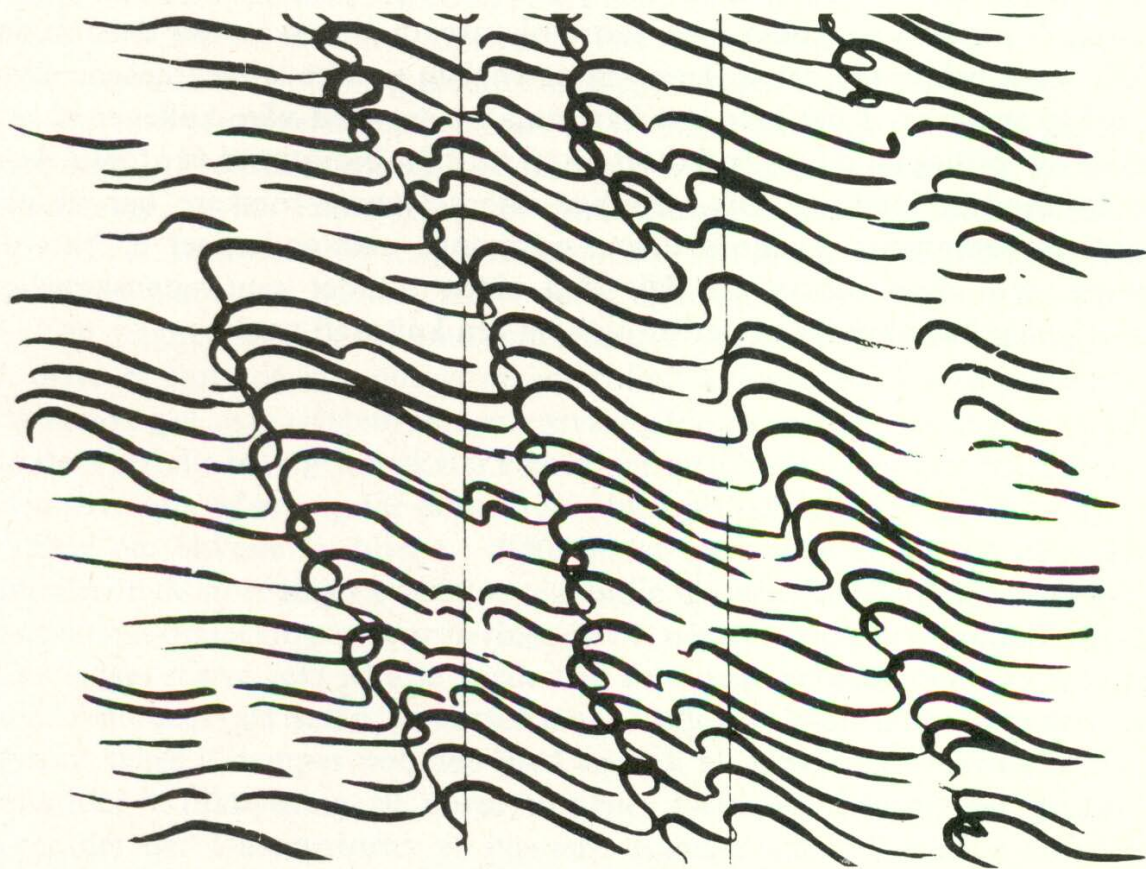
Professor Carl Størmer beregnet hvilke baner elektrisk ladede partikler ville følge i nærheten av jorden. Denne trådmodellen som er tatt vare på av Nordlysobservatoriet, viser hans beregninger av hvordan partikler samles opp i et belte rundt ekvator - senere kalt van Allen-beltene.

Magnetfeltobservasjoner

Nordlysets fundamentale sammenheng med jordens magnetfelt gjorde det naturlig å satse på magnetfeltmålinger i Tromsø fra første stund. Magnetogrammene, som disse målingene kalles, inneholder et mangfold av informasjon som vanskelig lar seg formidle på en sammenfattet og oversiktlig måte. I de første årene ved Nordlysobservatoriet ble mye av tiden benyttet til å finne fram til lettfattelige presentasjoner av dataene. De ansatte ved observatoriet spilte en ganske betydelig rolle i utformingen av de internasjonale avtaler for formidling av observasjonsdata. Det ville være en nesten håpløs oppgave å finne ut hvor mange vitenskapelige publikasjoner som har benyttet magnetometerdata fra Tromsø som datagrunnlag. At det dreier seg om et tresifret tall, er det neppe tvil om. Disse magnetiske observasjoner som ble startet i begynnelsen av 30-årene har vært gjort uavbrutt siden. 50 år med sammenhengende data representerer noe av det mest fullstendige observasjonsmaterieell av jordens magnetfelt ved høye breddegrader. Fra disse målingene bestemmes f.eks. den magnetiske misvisningen i Nord-Norge og Ishavet, og de er med å danne datagrunnlaget for de moderne modeller av jordens magnetfelt.

Radiomålinger og frekvensvarsling

I slutten av 30-årene kom Nordlysobservatoriet med for fullt i radioutforskningen av ionosfæren. I løpet av 2. verdenskrig ble det klart at stabile radioforbindelser var sterkt betinget av gode kunnskaper om de ionosfæriske forhold. Spesielt ble en klar over at nordlyssonen representerte et særlig problem i denne sammenheng. Senere ble det organisert internasjonale samarbeidsorganer for å koordinere radiomålinger av ionosfæriske forhold med tanke på en sikrere frekvensvarsling for radiokommunikasjon. Instrumenter kalt ionosonder ble utviklet for å kartlegge radioforholdene på de ulike frekvenser i området mellom 2 og 30 MHz. Et verdensomspennende nett av ionosonder ble etablert hvor Nordlysobservatoriet spilte en betydelig rolle for radioforbindelser i polare strøk. Denne frekvensvarslingen har vært drevet som et samarbeide mellom Televerket og Nordlysobservatoriet. Nylig har observatoriet bygget en ny regnemaskinkontrollert ionosonde som er plassert på Ramfjordmoen, og i denne sammenheng monterte Televerket antennen. Dette er det beste bevis for at radiomålingene ved Nordlysobservatoriet fortsatt har aktualitet og er av praktisk verdi.



Tegning av bølger i nordlys etter TV-opptak. Hver linje nedover viser en nordlysform 1/10 sek. senere i tid. Bølgen beveger seg fra venstre mot høyre i bildet, og bølgelengden er ca. 10 km i vanlig nordlyshøyde. En enkel modell for disse bølgebevegelsene er at nordlyset «kveiler seg opp» rundt magnetfeltlinjer som igjen beveger seg. (v/ Ove Harang).

Nordlysfotografering

Den beste form for nordlysovervåking er ved fotografiske metoder. Rundt nordlyssonen er det plassert et sted mellom 50 og 100 automatiske kamera (All-sky kamera) som tar bilde av hele himmelen hvert 5. minutt i nordlyssesongene. Disse bildene danner en helt nødvendig referanse for mange forskningsprosjekter, og systematiske studier av slike bilder har gitt kunnskaper om nordlysets magnfoldighet og dynamikk som ellers ville ha vært vanskelig å oppnå på andre måter. Nordlysobservatoriet har slike kamera igang både i Skibotn og Ny-Ålesund i tillegg til et kamera på Tromsøya.

Datadistribusjon

Disse såkalte rutinedataene som Nordlysobservatoriet har ansvaret for, kopieres og sendes månedlig inn til en stor internasjonal databank i København (World Data Center B). Herfra kan enhver forsker som arbeider med nordlysproblemer og beslektede oppgaver hente de opplysninger som måtte være av interesse for ubetydelige utgifter. Forskerne på Nordlysobservatoriet kan også utveksle sine data med andre tilsvarende observatorier dersom det skulle være behov for det. I denne sammenheng er ikke landegrensene noen alvorlige stengsler. I det hele tatt har samarbeidet med våre kolleger både i østlige og vestlige land vært fruktbart og på sin måte bidratt til å øke forståelsen for hverandres land og folk. Utallige internasjonale forskere har besøkt Nordlysobservatoriet gjennom tidene og mange utenlandsreiser er blitt de ansatte ved observatoriet til del. Ved siden av det rent vitenskapelige samarbeidet har aktiviteten derfor også en ren kulturell verdi.

Observatoriet i 80-årene

av Jan Trulsen

På terskelen til en ny dekada er det naturlig å stille spørsmålet hva Observatoriets framtidige rolle skal bli. Vil det fortsatt være behov for forskningsinnsats på Observatoriets tradisjonelle fagfelter, eller skal innsatsen etter hvert anta en annen retning? Vi skal forsøke å belyse dette ved først å rette blikket bakover for derigjennom å få øye på de store utviklingslinjer i den internasjonale forskningsinnsats på området kosmisk fysikk.

Den kosmiske fysikk har gjennomløpt en imponerende utvikling siden de første kunstige satelitter og romsonder ble skutt opp for vel 20 år siden. Det nære verdensrom er blitt tilgjengelig for direkte målinger. Vi har lært om eksistensen av solvinden og kjenner dens egenskaper i store trekk. Vi har måttet forandre våre tidligere oppfatninger av formen på det jordmagnetiske felt. Vi har lært om eksistensen og betydningen av magnetosfæren for geofysiske fenomener. Vi har endelig kunnet starte sammenlignende studier av Jordens atmosfære, ionosfære og magnetosfære med de tilsvarende fenomenene rundt de øvrige planetene. Vi har dannet oss et bilde med solvinden som drivkraften bak en magnetosfærisk dynamo som igjen forsyner de elektriske spenninger for å drive et stort og komplisert magnetosfærisk/ionosfærisk strømsystem. En dynamo og et strømsystem som er ansvarlig for geomagnetiske stormer og som under spesielle betingelser skyter elektroner med hastigheter nær lysets ned mot den øvre atmosfære og får denne til å lyse opp i et fargesprakende nordlys.

Selv om enkelte av bitene i dette bildet ennå ikke er falt på plass synes imidlertid de store linjer å avtegne seg stadig klarere. Parallelt med dette kan en ane en viss omlegging av prioriteringen av den internasjonale forskningsinnsats. Det legges større vekt på å se Jorden og dens nære verdensrom i sammenheng med fenomener på Solen. Innsatsen innen tradisjonell ionosfære/magnetosfære fysikk synes å dempes noe ned med unntak av innsatsen omkring de aktive områder i tilknytning til nordlyssonene. Dette er nettopp det geofysiske området der Observatoriet er plassert. Endelig kan det merkes en økende interesse for en nøyere utforskning av vår egen atmosfære i høydeområdet 10-100 km. Interessante spørsmål i denne sammenheng er på hvilken måte og i hvor stor grad energiutveksling mellom stratosfære og ionosfære finner sted og dermed hvilken betydning dette høydeområdet har for vær og klima på Jorden.

Hvilken rolle kan så Observatoriet forventes å spille i den neste tiårsperiode? Det synes klart at Observatoriet vel står på terskelen til kanskje sin mest aktive periode - en periode som i enda sterkere grad enn tidligere vil preges av internasjonalt samarbeide. En kan nevne prosjekter som EISCAT og Heating på Ramfjordmoen og Laser-prosjektet i Skibotn. Sammen med observatoriets egne prosjekter som PRE og ionosonden retter disse seg nettopp inn mot de aktive områder av ionosfæren og magnetosfæren - og mot det stadig mer interessante lavereliggende del av den øvre atmosfæren. Det forventes at Ramfjordmoen vil utgjøre verdens kanskje mest avanserte forsøksinstallasjon på dette felt.

Den rutinemessige overvåking av geomagnetisk aktivitet, nordlys og ionosfære forventes å fortsette. Lange sammenhengende måleserier av denne typen har stor betydning for forståelsen av Jordens magnetfelt, Jordens klimautvikling og solen som variabel stjerne.

Plasmafysikk er den grunnleggende gren av fysikken som er nødvendig for beskrivelsen av det medium vi finner i ionosfære, magnetosfære, solvind og på solen selv. I løpet av de siste år er også studiet av plasma i laboratoriet blitt etablert ved Observatoriet. Denne type eksperimentell forskning som i videre forstand også er av interesse i fusjonssammenheng vil fortsette gjennom det neste tiår.

Det kan bli aktuelt å ta opp nye aktiviteter i løpet av de neste år. Selv om det på det nåværende stadium må bli relativt løse gjetninger, avtegner områder som bl.a. fjernmåling og ressursovervåking seg som nærliggende. Samarbeidet med Tromsø Telemetristasjon kan på dette området bli sterkere.

Observatoriets bestyrere gjennom 50 år

Leiv M. Harang – observatoriets første bestyrer

Professor Leiv Marius Harang ble født i Trondheim i 1902 og døde i 1970. Etter realartium ved Trondheim Katedralskole begynte han å studere realfag ved Universitetet i Oslo, og som sitt hovedfagsstudium valgte han fysikken, nærmere bestemt røntgenstrukturanalyse som da var et sentralt arbeidsområde på Fysisk Institutt. Etter endt hovedfagseksamen i 1926 hadde han et kort studieopphold i Göttingen. På denne tiden var nordlysundersøkelsene begynt å bli en viktig del av virksomheten ved Fysisk Institutt i Oslo, og professor Lars Vegard hadde allerede i 1925 tatt initiativ ovenfor Rockefeller Foundation for å få midler til å opprette et nytt nordlysobservatorium i Nord-Norge. Dette stod ferdig ved Prestvannet i Tromsø i 1928, og den 1. juli samme år ble Leiv Harang ansatt som bestyrer, et virke han hadde i 18 år.

Harangs arbeidsfelter ved observatoriet ble særlig de jordmagnetiske stormer og forplantningen av radiobølger, det som nå gjerne kalles ionosfærefysikk. Han arbeidet også meget med det optiske nordlyset, og i 1932 begynte de første avhandlingene å komme fra hans hånd. Disse omfattet foruten generelle studier av nordlysets spektrum, emner som nordlysets høyde, et fotografisk instrument for automatisk registrering av nordlysets intensitet og fotografering med filter for å bestemme høydefordelingen av nordlysets forskjellige spektralkomponenter.

Under det såkalte polaråret 1932-33 arbeidet Sir Edward Appleton i Tromsø, og da ble Harangs interesse for ionosfærefysikken for alvor vakt. En egen ionosonde ble anskaffet til Nordlysobservatoriet fra England. I 1937 tok så Harang sin doktorgrad over arbeidet «Änderungen der ionisation der höchsten Atmosphärenschichten während der Nordlichter und Erdmagnetischer Störungen».

I perioden fra 1932 til den andre verdenskrig publiserte Harang nesten 20 arbeider. Under krigen ble hans vitenskapelige produksjon noe begrenset til dels forårsaket av illegalt arbeide. I 1945 og 1946 var hans vitenskapelige innsats på topp igjen, og i løpet av disse to årene publiserte han hele 9 arbeider. De fleste av disse arbeidene var om nordlys og jordmagnetisme, men det var ionosfærefysikken som var hans spesialfelt og hvor han var den ledende norske forsker. Hans arbeid i Tromsø var banebrytende, og han fikk alt her et internasjonalt kjent navn.



Professor Leiv Harang (1902-1970) var den første bestyrer av Nordlysobservatoriet (1928-1946). Han ble i 1946 leder av avdeling for telekommunikasjon ved Forsvarets Forskningsinstitutt, og i 1952 professor ved Universitetet i Oslo.

forskningsvirksomhet, og i en alder av 50 år startet hans neste produktive fase hva gjelder hans vitenskapelige produksjon. Fra 1954 til sin død publiserte Harang nesten 30 vitenskapelige arbeider.

Etter at Leiv Harang gikk av som bestyrer ved Nordlysobservatoriet søkte han ofte tilbake til Tromsø sammen med hovedfagsstudenter og andre medarbeidere. Universitetet i Tromsø hadde en varm venn i ham, og han støttet planene for dette hver gang det bød seg en anledning. Det institutt som han selv var med å legge grunnen til, Nordlysobservatoriet, er nå blitt en av hjørne-steinene i Universitetet i Tromsø. Professor Harang var levende opptatt av forskningens fremgang og så den som en vesentlig faktor både ved universitetene og samfunnet ellers. For ham var det en glede å støtte gode prosjekter og unge, lovende forskere, og som grunnforsker så han først og fremst på de enkelte prosjekters egenverdi. Han hadde sans for forskning og teknologisk utvikling i en større sammenheng, og advarte mot forskning som han så som en blindgate.

I sin minnetale for Det Norske Videnskaps-Akademi ved professor Harangs død sa professor Anders Omholt bl.a. følgende om mennesket Harang: «Han var et kunnskapsrikt og sjarmerende menneske, og kveldene sammen med ham, når vi ventet på nordlysaktivitet, var aldri kjedelige. Hans interesser spente over

I 1946 ble Leiv Harang ansatt som forskningssjef ved det nyopprettede Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) og overtok ledelsen av instituttets avdeling for telekommunikasjon i Bergen. Sammen med noen få yngre entusiastiske medarbeidere organiserte han avdelingen i to seksjoner, en for utstyr og en for bølgeforplantning. Leiv Harang ivret sterkt for å samle instituttet, og alt i 1949 ble det flyttet til Kjeller, hvor det er nå. De første 6-7 årene ved FFI ble Harang meget opptatt av ombygging og utvikling av laboratoriene, og i denne tiden kom det ingen vitenskapelige publikasjoner fra Harangs bord.

I 1952 ble han utnevnt til professor II ved Universitetet i Oslo, knyttet til Astrofysisk institutt, samtidig som han ble frigjort fra sine plikter som forskningssjef ved FFI.

Han fikk dermed mere tid til sin egen

meget, fra kunst, litteratur og politikk til bordets gleder. Om forholdene mellom generasjonene hadde han sin bestemte oppfatning: «Den eldre generasjon skulle veilede den yngre, men ikke dirigere.»

For hele det geofysiske og kosmiske miljø i Norge som er knyttet til nordlysproblematikken og beslektede fenomener, ble Harang en grunnlegger og miljøskaper som en ser resultater av den dag i dag. Han forsto å bygge bro mellom ulike fagfelt og kombinere ressurser. De mange år i Tromsø under trange forhold hadde lært ham respekten for praktisk arbeid og målrettede prosjekter.

I 1972 ble det laget et minneskrift i forbindelse med 70-årsdagen for Harangs fødsel. Dette mer enn noe annet viser hvor høyt den yngre generasjon satte Harangs miljøskapende evner innen kosmisk geofysikk i Norge.

A. Brekke

Einar Tønsberg – observatoriets annen bestyrer

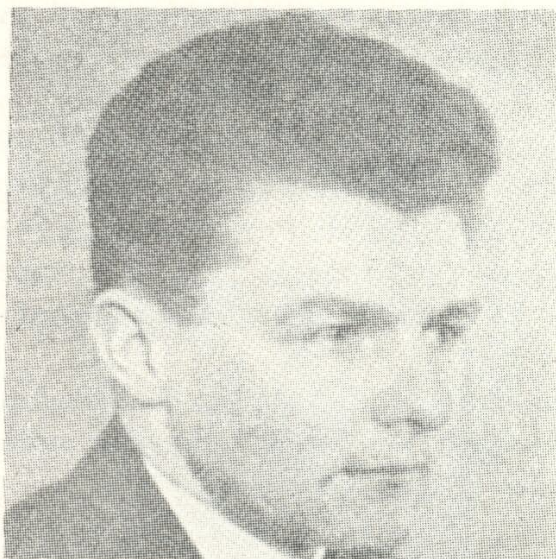
Einar Tønsberg ble født i Aurskog i 1900 og døde i 1969. Etter eks. art. i 1921 studerte han matematikk, mekanikk, astronomi og fysikk ved Kgl. Fredriks Universitet og tok cand. mag. eksamen i 1927. Tidlig i studietiden ble han engasjert i forskning, som assistent hos O. Krogness på Halddeobservatoriet (1924-25) ved høydemålinger av nordlys og jordmagnetiske målinger, og deretter hos L. Vegard ved de tidlige undersøkelser av nordlysspektret. Den erfaring han fikk ved dette var nok medvirkende til at han ble ansatt som amanuensis ved det nyopprettede Nordlysobservatorium uten full embets-eksamen. Han tok cand. real eksamen i 1937 og eksamen ved Pedagogisk seminar året etter.

Tønsbergs første forskningsbidrag var bestemmelser av nordlyshøyder over Tromsø av materiale samlet i 1929-30 (publisert sammen med bestyrer L. Harang). Senere bearbeidet han det tilsvarende materiale fra Haldde, samlet av Krogness og ham selv. Dette arbeid omhandler også jordmagnetiske målinger derfra.

Registrering av jordmagnetisme var en sentral oppgave for Observatoriet, og det falt naturlig at Tønsberg fikk hovedansvaret for dette arbeid hvis resultater ble publisert årlig i Publikasjoner fra Det norske institutt for kosmisk fysikk.

Videre arbeidet han, sammen med L. Vegard, med opptak av spektra fra nordlys, demringslys og natthimmellys. Det gjaldt identifisering og intensitetsmålinger av linjer og bånd fra den øvre atmosfære som ga opplysning om dens sammensetning og om tenningsmekanismer for lysfenomenene, og videre for bestemmelse av temperaturen i atmosfærens D- og E-lag. Resultatene er fremlagt i mange verdifulle publikasjoner.

Tønsbergs kanskje største forskningsinnsats er hans registreringer av atmosfærens ozon-mengde og fordeling ved høye breddegrader.



Amanuensis Einar Tønsberg (1900-1970) var bestyrer ved Nordlysobservatoriet (1946-1965) Han arbeidet først og fremst med studier av forekomster av ozon i atmosfæren og gjorde en stor innsats i gjenoppbygningen av Nordlysobservatoriet etter krigen.

elt tok han seg særlig godt av yngre forskere, skaffet dem stipender og arbeidsmuligheter. På denne måten kom Observatoriet, tross sitt beskjedne volum, til å spille en nøkkelrolle i den sterke utvikling av kosmisk geofysikk i Norge. Han skapte sterke institusjonelle og personlige bånd mellom nord og syd, noe som direkte la grunnlag for den sterke ekspansjon som endelig kom i siste halvdel av 60-årene. Dette ble han desverre ikke selv med på da sykdom satte stopp for hans aktive virksomhet i 1965.

G. Kvifte

Anders Omholt – observatoriets bestyrer i en overgangsperiode

Da Einar Tønsberg måtte fratre som bestyrer i 1965 av helbredsgrunner, overtok professor Anders Omholt ledelsen av Nordlysobservatoriet. Han innehadde bestyrerstillingen inntil slutten av 1967 da han flyttet tilbake til Universitetet i Oslo. Omholt deltok aktivt i arbeidet for å etablere Universitetet i Tromsø, og var en tid nestformann i Universitetets interimsstyre. Omholt er nå direktør for Norges Almenvitenskapelige Forskningsråd (NAVF).

Olav Holt – observatoriets siste bestyrer

Olav Holt ble bestyrer ved Nordlysobservatoriet 1. januar 1968, og samtidig professor ved Universitetet i Tromsø fra juni 1969. I og med at observatoriet i

1972 ble innlemmet i Institutt for matematiske realfag ved Universitetet i Tromsø, ble Holt den siste formelle bestyrer av observatoriet. Olav Holt var i en periode medlem av interimsstyret for Universitetet i Tromsø, og var dets rektor i perioden 1974-77.

Litteraturliste

For dem som ønsker å lese mer om nordlys og beslektede fenomener — for å trenge dypere inn i nordlysgåten — vil vi anbefale følgende bøker og tidsskriftartikler:

Nordlyset. A. Brekke og A. Egeland, Grøndahl, Oslo 1979.

Fra Solatmosfære til Havdyp (Devik's festskrift). Naturen nr. 5/6-1976.

Introduksjon til Geokosmofysikken. B. Hultqvist. Natur och Kultur, Stockholm, 1967.

Under nordlysets straal. Sophus Tromholt, 1885 (Dessverre er denne og andre skrifter av Tromholt — som er meget leseverdige — vanskelig å få tak i.)

I tidsskriftene Naturen, Forsknings-Nytt og Ottar, er det mange interessante artikler om nordlys og beslektede fenomener.

Tidligere nr. av OTTAR med artikler fra Nordlysobservatoriets virksomhet

	Nr.
Omholt, Anders:	Nordlysobservatoriets utbygging og arbeidsoppgaver ... 52
Frihagen, Jon:	Satellittarbeidet ved Nordlysobservatoriet 52
Haug, Arne & Holt, Olav:	Radiundersøkelser av den øvre atmosfære 52
Kvifte, Gunnar:	Stråling fra den øvre atmosfære 52
Harang, Ove:	Nordlys, rakettforsøk og den øvre atmosfære 52
Pettersen, Helge:	Pulserende nordlys og protoner 52
Brekke, Asgeir:	Fra Sol til Jord. Om dannelse av Nordlys 86-87
Corner, G.:	Meteorittkrater i Tromsø 76
Skorve, Johnny:	Fra Jorda til Rommet. Om menneskets erobring av verdensrommet 86-87
Solheim, Jan Erik:	Fra Mørke til Lys Om Universets begynnelse 86-87
Solheim, Jan Erik:	Fra Støv til Stjerne 86-87
Trulsen, Jan:	Om stjernedannelse 86-87 Fra Plasma til Planet. Om dannelse av planeter 86-87
Bratteng, Ove og Leer, Egil:	Plasmadrift i den polare ionosfære 110-112

Liste over nordlysobservatorier

	Geografisk		Geomagnetisk	
	Bredde	Lengde	Bredde	Lengde
Ny-Ålesund, Svalbard	78°54'N	11°54'Ø	75.4	131.3
Thule, Grønland	77°29'N	69°10'V	89.0	358.0
Bjørnøya, Svalbard	69°14'N	53°32'V	79.9	32.5
Leirvågen, Island	64°11'N	21°42'V	70.2	71.0
Fort Churchill, Canada	58°48'N	94°06'V	68.7	322.8
Tromsø, Norge	69°36'N	18°54'Ø	67.1	116.8
Kiruna, Sverige	67°50'N	20°25'Ø	65.3	115.6
College, Alaska	64°52'N	147°50'V	64.6	256.5
Sodankylä, Finland	67°22'N	26°38'Ø	63.8	120.0
Murmansk, USSR	68°15'N	33°04'Ø	63.0	125.8
Dixonøya, USSR	72°33'N	80°34'Ø	63.0	161.6
Dombås, Norge	62°04'N	9°07'Ø	62.3	100.1
Tixi Bukta, USSR	71°35'N	129°00'Ø	60.4	191.4
Lövö, Sverige	59°21'N	17°50'Ø	58.1	105.8
Nurmijärvi, Finland	60°31'N	24°39'Ø	57.9	112.6
Rude Skov, Danmark	55°51'N	12°27'Ø	55.9	98.5

Hovedfagsoppgaver utført i tilknytning til NIKF eller Nordlysobservatoriet

- 1927 *Anton Røstad:*
De magnetiske perturbasjoners innflytelse på nordlysets geografiske beliggenhet.
- 1934 *Einar Barlindhaug:*
Målinger av det luftelektriske potential på Tromsø.
- 1927 *Einar Tønsberg:*
Spektrografiske bestemmelser av atmosfærens osoninnhold over Tromsø.
- 1939 *Kåre Frølich Hanssen:*
Måling av svake likestrømmer ved hjelp av likestrømsforsterker.
Apparatet anvendt ved:
a) Bestemmelse av lysstyrken i nordlyset ved måling av fotostrømmene fra en følsom fotocelle.
b) Måling av ionestrømmer.
- 1940 *Hans Råstad:*
En undersøkelse av intensitetsfordelingen i kvelstoffbåndspektret i kanalstråler og det negative glimmerlys.
- 1948 *Kåre Langlo-Olsen:*
Samtidige registreringer av radioekko i Gausvik og Tromsø.
- 1948 *Einar W. Førde:*
En undersøkelse av den bløte komponent i den kosmiske stråling.
- 1950 *Søren H. H. Larsen:*
Om metoder til bestemmelse av osonmengden ved hjelp av stjernespektra.
- 1953 *Omholt, Anders:*
Om intensitetsmålinger av optiske emisjonsspektra ved hjelp av prismespektrograf.
Vurderinger og undersøkelser av metoder og hjelpemidler.
- 1959 *Alv Egeland:*
En undersøkelse av mikrostrukturen av perturbasjonene i det jordmagnetiske felt, med særlig henblikk på målinger i nærheten av nordlyssonen.
- 1960 *Olav Holt:*
En eksperimentell undersøkelse av partielle refleksjoner av radiobølger fra den lavere ionosfære (60 - 90 km) under forhold med nordlys og magnetiske forstyrrelser.
- 1961 *Eivind Thrane:*
En eksperimentell undersøkelse av den lavere ionosfære (60 - 80 km) under normale forhold ved hjelp av kryssmodulasjon.
- 1962 *Jon Frihagen:*
En undersøkelse av irregulariteter i F-laget ved hjelp av radiosignaler fra satellitter.
- 1963 *Jan S. Danielsen:*
Absorpsjon av radiobølger i ionosfæren.
Odd Erik Johansen:
Noen resultater fra demrings- og nordlysspektra observert med fotoelektrisk spektrometer.
Johan G. Figenschau:
Variations of atmospheric Ozone and Advections in northern Norway.
- 1964 *Alf Eftestøl:*
Faseforskyvning og intensitetsforhold mellom bånd i det nøytrale og det ioniserte nitrogenmolekylet i nordlys.
Harald William Lorentsen:
Undersøkelse av elektriske strømmer i ionosfæren assisert med nordlys.

- 1965 *Knut Sigurd Holm:*
Undersøkelse av natriumlys i demrings- og natthimmellys.
Helge Pettersen:
En undersøkelse av hydrogenlinjene i nordlys.
Arne Haug:
En eksperimentell undersøkelse av den lavere ionosfære ved hjelp av partielt reflekterte radiobølger.
Gunnar Jørgen Kvifte:
Om natthimmelens OH og K-emisjon.
- 1967 *Magne Nyvoll:*
Etterlysning fra oxygen-argon-blandinger i spektralområdet 5400 - 5700 Å.
Trygve Røed Larsen:
High latitude investigations of electromagnetic phenomena in the frequency range 3 - 75 Hz.
- 1968 *Steinar Harald Kristensen:*
Studier av mikropulsasjoner i frekvensområdet 0.1 - 6 Hz på høye bredder.
Dag Håkon Rangnes:
Tidsvariasjoner i spektret av det nøytrale og ioniserte nitrogen-molekylet i nordlys.
Ove Martin Bratteng:
En undersøkelse av det polare F-lag ved hjelp av satellittsignaler.
- 1969 *Asgeir Brekke:*
Om pulserende nordlys.
- 1970 *Gisle Bjøntegaard:*
Theoretical and experimental treatment of multi-frequency radio wave reception (10 - 14 kHz) for investigations of the lower atmosphere.
- 1970 *Jan Anstein Holtet:*
Investigation of generation and propagation of high latitude ionospheric radio waves in the frequency range 150 -200 Hz, based on ground, satellite rocket measurements.
Tor Wedde:
On the influence of inhomogeneous magnetic fields upon the scattering and absorption of auroral electrons.
- 1971 *Arild Gulbrandsen:*
Om korrelasjonen mellom intensiteten av den grønne koronalinje og den geomagnetiske aktivitet. En statistisk analyse for årene 1958 - 64.
- 1972 *Ola Røyrvik:*
Construction of a device for rapid analysis of auroral TV display.
Knut Henrik Stamnes:
Investigations of the lower ionosphere at high latitudes using VLF waves of adjacent frequencies.
Sturla Pedersen:
En undersøkelse av nordlysbuer og intensitetsforholdet $I(5577)/I(4278)$ i nordlys.
Eilert J. A. Naustvik:
Studies of VLF ra
- 1973 *Truls Engebret Moe:*
Eksperimentell undersøkelse av lavfrekvente elektromagnetiske emisjoner ved hjelp av forskningsraketter, samt studier av nordlyshiss.
Nils Olav Karlsen:
A tracking VLF receiver for Doppler measurements in sounding rockets. The development of a rocket receiver and its use in ionospheric research.
Ove Tobias Gudmestad:
Litt om indre sesonans i konservative mekaniske system.

- Jakob Skaland:*
Nordlyshiss i relasjon til hvit støy. En eksperimentell undersøkelse av amplitude-fordelingen
- 1974 *Kjell Magne Johansen:*
E x B - instabilitet i nordlys.
Odd Reidar Bringslid:
Irregulariteter i ionosfæren.
- 1975 *Jon Døhl:*
Utbredelse av meget lavfrekvente (DC-1500 Hz) radiobølger i en realistisk atmosfæremodell; en eksperimentell og teoretisk undersøkelse.
Eva Gerda Monica Kristensen:
En væskemodell av solvinden.
Gunnar Solvang:
Undersøkelse i nordlyssonen av ionosfærens E-lag ved «SPACED RECEIVER» metoden.
- 1976 *Hans Kristian Myrabø:*
Stjernefotometri i nordlyssonen.
Kristoffer Rypdal:
Om papametrisk resonans mellom koherente bølger.
- 1977 *Åshild Antonsen:*
Den fysikalske sammenheng mellom ELF/VLF-emisjoner av nordlys. En eksperimentell og teoretisk undersøkelse basert på målinger i nordlysovalen.
Kjell Helge Pedersen:
Studiet av forholdet N_2^+ (7278 Å)/HB (4861 Å) på polsiden av plasmapausen, samt undersøkelse av lysemisjoner mellom plasmapausen og nordlysovalen basert på målinger fra ES-RO 1A og 1B-satellittene.
Egil Børge Mikalsen:
Måling av plasmadrift i den øvre atmosfære over Ny-Ålesund, Svalbard.
- 1978 *Bjørn Blixhavn:*
Infrasound in the atmosphere.
Roy Johansen:
En analyse av statiske egenskaper ved kvasarene.
Per-Even Sandholt:
Bølge-partikkel vekselvirkning nær plasmapausen under en magnetisk substorm.
- 1979 *Arild Wikan:*
En numerisk simulering av kolliderende interplanetariske partikler under påvisning av Poynting-Robertson effekter.
- 1980 *Stein Åsheim:*
Investigation of the generation region and the mechanism of IPDP pulsations.
Stein Høydalsvik:
Fotoelektriske observasjoner av stjerneokkultasjoner ved måneranda.
Asbjørn Gundersen:
Observasjon og modellberegning av metastabile tilstander i nordlys.
Kristian Aasen:
Spectral analysis.