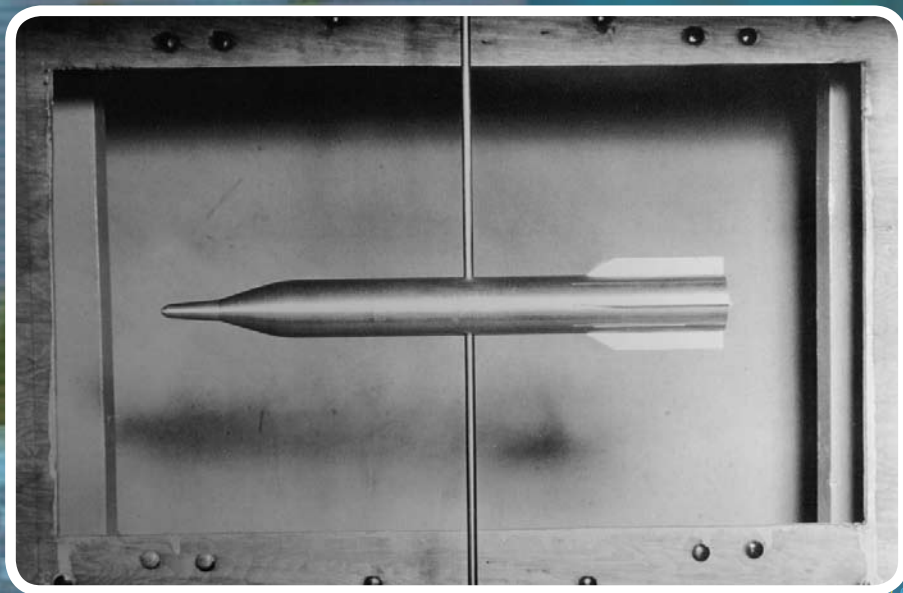




Fra Forsvarets forskningsinstitutt

# HISTORIE

$$[M_1 \sin(\beta - \theta)]^2 = 7(M_0 \sin \beta)^2$$



“Vindtunnelen”  
Undervannsakustikk  
Registrerende bunnstasjon

Det har vært en spennende oppgave å bidra til at mange av instituttets prosjekter helt fra begynnelsen av er blitt beskrevet på en oversiktlig og relativt lettfattelig måte. Slik kan interesserte skaffe seg kjennskap til meget av det instituttet har arbeidet med. Mange travle prosjektledere og medarbeidere har bidratt og har vist stor hjelpsomhet

og tålmodighet. Flere pensjonister har også gitt verdifulle bidrag. En spesiell takk til alle i Informasjonsenheten. Denne samlede innsatsen har vært avgjørende. Jeg takker alle for en svært interessant og lærerik tid.

Red.

# Forord

Ved FFIs 50-årsjubileum i 1996 fikk Olav Njølstad og Olav Wicken, da ved Institutt for forsvarsstudier, i oppdrag å skrive FFIs historie for de første 25 år. Oppdraget tok spesielt sikte på å belyse instituttets rolle i en nasjonal sammenheng, i forhold til teknologiutvikling, industripolitikk og, med årene, forsvarsplanlegging. Kildematerialet var først og fremst FFIs arkiv med instituttets korrespondanse og møtereferater fra styrende organer, samt offentlige dokumenter av ulike slag, og Egil Eriksens og Eigil Strømsøes samlede fremstilling av prosjektaktivitetene ved instituttet. Oppdraget ble løst på en utmerket måte ved utgivelsen av boken "Kunnskap som våpen". Den har i høy grad bidratt til å gi instituttet som helhet og dets tidlige ledere en velfortjent heder.

Imidlertid var det tidlig klart at oppdraget som ble gitt til Njølstad og Wicken ikke ville gi rom for nevneverdig omtale av selve gjennomføringen av instituttets prosjekter. Hvordan oppstod ideene som ledet til prosjektene? Hva var forutsetningene for gjennomføringen? Hvem stod for den, og hvilke utfordringer møtte de underveis? Med andre ord, vi savner vitnefastede nedtegnelser fra det "indre liv" i instituttet som frembrakte de resultatene som berømmes i nasjonalt perspektiv. Dette har vi bedt prosjektledere og prosjektmedarbeidere å fortelle om.

Hvordan skulle det gjenstående arbeidet legges an? Etter nøye vurdering har vi satset på en serie historiske hefter som hvert dekker et begrenset prosjekt eller fagområde. Det er flere fordeler ved denne løsningen: Arbeidene kan utgis etter hvert som de blir ferdige, og det krever ikke meget å utgi en forbedret utgave dersom feil eller mangler skulle bli påpekt.

Prosjektet har en risiko. Jo bedre vi lykkes med å få frem de viktige bidragene og bidragsyterne, desto kjedeligere blir det med de mangler som allikevel ikke unngås. Også med tanke på oppretting av slike mangler er hefteformen enklest.

Oppslutningen om dette prosjektet har vært meget stor, og mange tidligere og nåværende medarbeidere har bidratt. De er nevnt

som kilder for de enkelte heftene hvor deres bidrag befinner seg.

Instituttets uten sammenligning største og teknologisk bredeste prosjekt-område har vært utviklingen av sjømålsraketter. Den første Penguin-raketten ble i sin helhet utviklet av instituttet, og systemarbeider og kritiske deler er utviklet for de påfølgende versjoner av Penguin og NSM (Nytt SjømålsMissil). En samlet historisk fremstilling av denne virksomheten er i arbeid i regi av Kongsberg Defence & Aerospace. Vi har valgt å avvente den før vi tar stilling til om det er aktuelt å utgi et supplement innenfor denne hefteserien.

Erling Skogen er redaktør for det samlede prosjektet. Han har nedlagt et betydelig arbeid i bearbeiding av tekstene og fremskaffing og redigering av billedmaterialet.

Kjeller 1. mars 2003

Nils Holme



## “Vindtunnelen”

*Allerede et år etter at Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) var opprettet, ble det besluttet at et satsningsområde skulle være utvikling av raketter. I 1947 fikk instituttet en ekstra-bevilgning til utstyr og oppstart av prosjekter til dette formålet. Dette gjorde det mulig å begynne byggingen av en subsonisk (underlydshastighet) vindtunnel. Vindtunnellaboratoriet ble plassert i nordenden av instituttets garasje. Innen utgangen av 1949 var laboratoriet operativt.*

*Det lokalet som vindtunnellaboratoriet var plassert i utviklet seg med årene, etter ytterligere to byggetrinn, til å bli et laboratorium både for subsonisk og supersonisk (overlydshastighet) modelltesting. Der var også et lite sjokkrør med diameter 10 cm og et stort med diameter 80 cm, samt et spesialkonstruert ”konisk” sjokkrør. De tre forskjellige typer sjokkrør gjorde det mulig å generere kraftige sjokkbølgebelastninger på forskjellige typer strukturer.*

*Spennet av prøver som gjennom årene ble utført her, varierte fra kalibrering av små vindmålere til fullskala sjokktesting av laminerte glassfiberpaneler i forbindelse med byggingen av Sjøforsvarets moderne minesveipere og MTBer.*

*Olav Blichner var med å bygge opp dette laboratoriet, som til daglig bare ble kalt ”vindtunnelen”, og utførte en rekke forsøk der, og har fortalt om det. En annen bidragsyter er Henrik Nilsen som i mange år var med og gjorde forsøk her.*

### Vindtunnellaboratoriet

#### Den subsoniske vindtunnelen

Den subsoniske vindtunnelen ble bygget opp av kryssfinerplater og var av typen ”kontinuerlig strømning”. Den besto av en elektromotor som drev to avkuttede Piper Cub-propeller som var montert i kryss og som drev luften gjennom en testseksjon. Derfra ble luften ledet opp og tilbake gjennom propellseksjonen. Tunnelen var atmosfærisk, dvs. at den var luftet ut til atmosfæren, slik at det statiske trykket i tunnelen var det samme som ute. Testseksjonen målte ca. 50 x 50 cm og maksimalhastigheten gjennom den var ca. 50 m/s (180 km/t).

Erik Mollø-Christensen fikk ansvaret for dette arbeidet, og ble straks etter supplert med en ny medarbeider, Didrik Hveding.

På denne tiden ble det også vurdert utvikling av forskjellige supersoniske ”bakke-til-luft” og ”luft-til-luft” missiler. Som en konsekvens av dette startet Mollø-Christensen konstruksjon av en supersonisk vindtunnel for utprøving av ”Aksesymmetriske legemer”. Sammen med Hveding var dette arbeidet godt i gang da

Mollø-Christensen forlot instituttet i slutten av 1950.

Høsten 1951 ble Olav Blichner ansatt ved Avdeling for fysikk (Avd. F) og sammen med Hveding fortsatte de arbeidet med tunnelen, som sto ferdig i 1953.

### Sjokkrør

I 1950-årene var Avd. F sterkt engasjert i ”Beskyttelse mot virkning av kjernevåpen”. (Se hefte nr. 5, Virkninger av kjernevåpen, i denne hefteserien.) Seksjonen for aerostruktur fikk i denne forbindelse en rekke oppgaver, hvorav en besto av en studie av muligheter for testing av forskjellige typer materialer og strukturer brukt i forsvarsinstallasjoner. I samarbeid med Forsvarets Bygningstjeneste (FBT), ble resultatene av denne studien presentert i en rapport som omhandlet forskjellige metoder for slik testing (O. Blichner og A. Jensen). Bruk av sjokkrør til slik testing ble her behandlet og forskjellige alternativer nevnt.

Som følge av dette arbeidet fikk Blichner i 1957-58 fremstilt et lite sjokkrør,



100 mm i diameter og ca. 12 m langt, hvorav 5 m utgjorde høytrykksdelen, for å foreta grunnleggende undersøkelser i forbindelse med anskaffelse av et større sjokkrør. Dette arbeidet ble overtatt av Hveding etter hans tilbakekomst etter et studieår i Canada. Blichner gikk nå over til instituttets nye prosjekt, Penguin (se Penguin, hefte nr. 22, i denne hefteserien).

### Det lille sjokkrøret

Det lille sjokkrøret ble bygget for å få erfaring med operasjon av sjokkrør. Inntil da hadde sjokkrør nærmest vært instrumenter for å studere selve sjokkbølgene, for en stor del ved bruk av optisk registrering av bølgene gjennom en testseksjon. Kravene til instrumentering var meget høye i forhold til datidens elektronikk.

Prinsippet for sjokkrøret er at det er delt i to deler, en høytrykksdel og en lavtrykksdel. Sistnevnte er vanligvis under atmosfærisk trykk, men kan også variere fra vakuum til overtrykk. De to delene er skilt fra hverandre ved en membran. Materialet i denne kan variere fra papir/papp, plast (mylar)/flere lag plast til forskjellige typer/kvaliteter metall. Sjokkbølgen initieres ved at membranen punkteres. Dette kan skje enten mekanisk med en metallspiss, ved at en varmetråd svekker senteret av membranen, eller ved hjelp av en knallperle, slik at den revner eller ved at trykket pumpes opp inntil membranen brister. Det lille sjokkrøret var godt egnet til å studere disse metodene.

Det lille sjokkrøret ga også et godt grunnlag for å studere forskjellige trykkfølere og for kalibrering av disse.

I tillegg til de mer fundamentale forsøkene ble sjokkrøret også brukt til å utføre tester

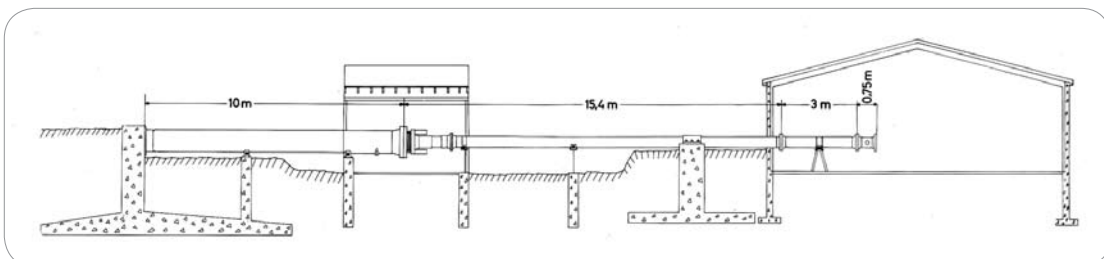
på små ventiler av forskjellig type og også utprøving av forskjellige mekaniske komponenter. Disse arbeidene var av betydning for å vinne kunnskap og erfaring ved bruken av denne type eksperimentelt utstyr og ga dermed grunnlaget for konstruksjon, bygging og testing av et stort sjokkrør.

### Det store sjokkrøret

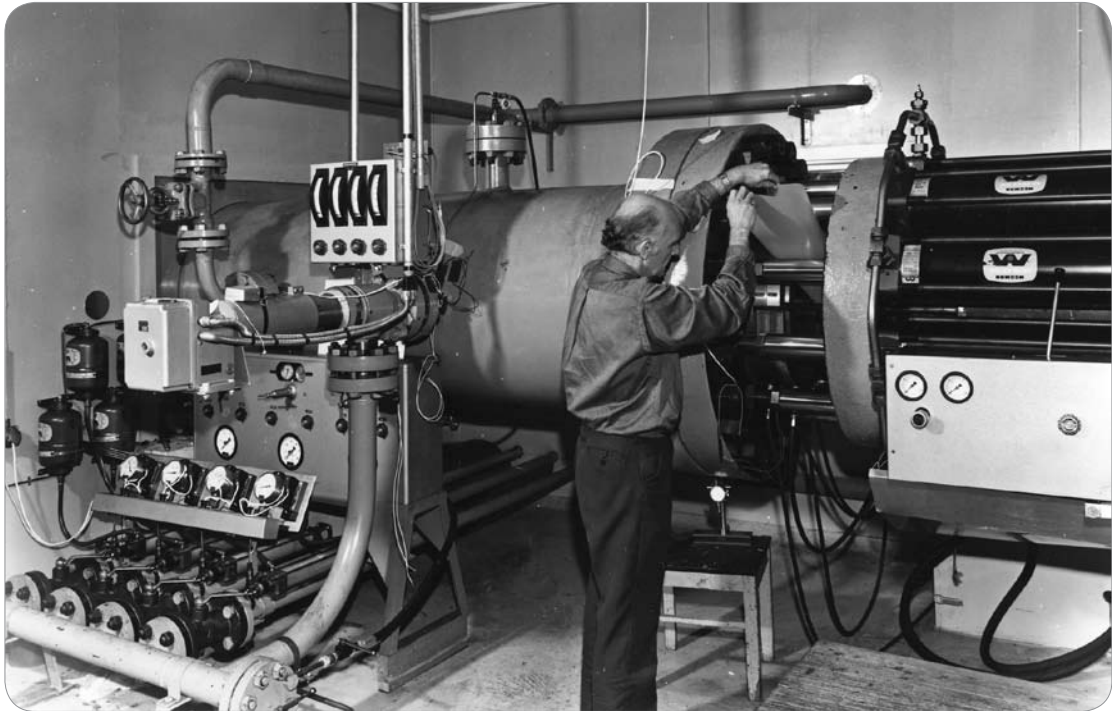
Forarbeidene som Hveding utførte med det lille sjokkrøret resulterte i konstruksjon og bygging av et stort sjokkrør med diameter på 800 mm og en total lengde på 29,15 m, hvorav høytrykksdelen var 10 m langt. Maksimalt trykk i høytrykksdelen var ca. 35 atmosfærer.

Det store sjokkrøret var begrunnet med at dette, på den ene side muliggjorde testing av komponenter i full skala, og på den annen side, utføre mer fundamentale undersøkelser av sjokkvirkningen på relativt store anleggs-komponenter. Ved på denne måten å få en mer fundamental kunnskap om de fysiske belastninger som forskjellige strukturdeler utsettes for, ble det også mulig på en effektiv måte å overføre dette ved konstruksjon og bygging av forsvarsanlegg.

Eksempelvis kunne virkemåten av den såkalte "forsinkelsesventilen", eller U-ventilen som den også ble kalt, utprøves i full skala ved statiske trykk på opptil 35 bar. Luften, når den kom frem til ventilen, ble ledet rundt denne og inn fra siden via et U-rør. Dette ga tid nok for en sylinter til å bevege seg aksialt til lukket posisjon som følge av at sjokkbølgen traff den. På denne måten ble det forhindret at noen sjokkbølger kom inn i det beskyttede anlegget. Denne typen ventil er særdeles velegnet for bruk i tilfluktsrom.



Det store sjokkrøret måtte delvis plasseres ute. På midten av røret var det rom for å montere membran. Vindtunnellaboratoriet til høyre.



*Didrik Hveding monterer membran i det store sjokkrøret.*

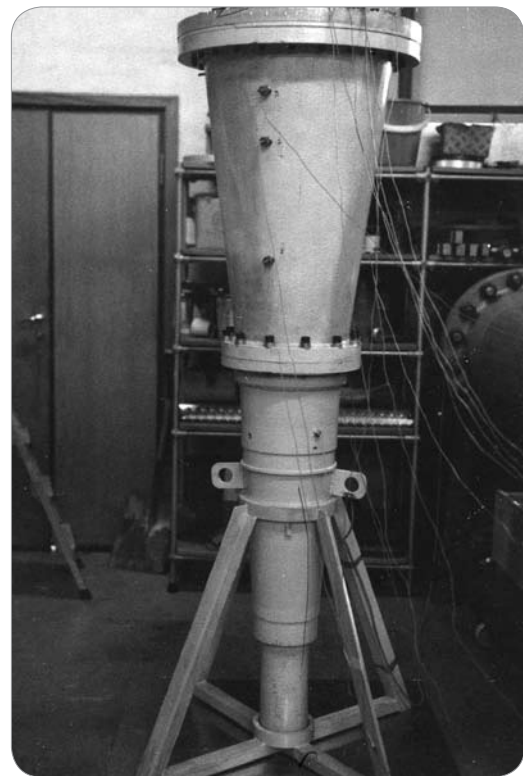
Det store sjokkrøret ble også benyttet til å generere sjokkbølger som beveget seg over sandflater. Ved å ha følere i sanden kunne man registrere virkningen av sjokkbølger som beveget seg over sandflater med forskjellig metning av vann.

### Det koniske sjokkrøret

Behovet for utprøving av skipspaneler til de nye MTBene førte også til bygging av en ny type sjokkrør, som var konisk, som nesten må betegnes som genial i sin enkelhet. Hveding mente at det var behov for å undersøke de glassfiberlaminerte skipssidene mot delaminering ved sjokk fra undervannsekspløsjoner. Det var derfor nødvendig at sjokkbølgen ble formidlet gjennom vann.

Utgangspunktet for det koniske sjokkrøret var en rund stålblock med et sylindrisk hulrom i midten. Til stålblocken ble det festet et konisk stålør med ca. 30° konvinkel. Det hele ble plassert vertikalt på gulvet, med en eksplosivladning plassert i det sylindriske hulrommet. Den koniske delen ble så fylt med vann helt opp til platen. Detonering av eksplosivladningen forårsaket så en kraftig sjokkbølge som beveget seg radielt gjennom vannet, opp konen, til den traff prøveobjektet.

Betydningen av å kunne registrere virkning av sjokkbølger som beveger seg gjennom vann



*Det koniske sjokkrøret ble fylt med vann. Prøveobjektet ble plassert på toppen og sjokket tilført nedenfra.*



er åpenbar når man har med undervannseksplisjoner å gjøre. Det koniske sjokkrøret ble bygget for nettopp å kunne foreta studier av undervannsjokkbølger som traff f.eks. skipssider. Når det vertikalt monterte, koniske sjokkrøret var fylt med vann ble prøveplater festet til den øverste kanten av konen slik at platen var i kontakt med vannet. Derved kunne vi simulere det som skjedde når en undervannsjokkbølge traff en skipsside. Forskjellige glassfiberlaminerte plater kunne på denne måten testes og optimaliseres. Betingelser for delaminering av komposittplatene kunne på den måten bestemmes.

## Muhamed, Nisser og Gubber

Den subsoniske vindtunnelen var i første omgang planlagt i forbindelse med prosjekt "Muhamed". Planene gikk ut på å fremstille et lite "fly" som startet fra et moderfly og kunne bringe en sprengladning frem til mål. I første omgang var planen at "flyet" skulle virke som et glidefly uten noen form for motor. Den videre utvikling forutsatte imidlertid fremdrift ved hjelp av en liten rakettmotor og til slutt ved bruk av ramjetmotor. Utviklingen førte til at prosjektet ble avviklet, og det ble aldri gjort forsøk med "Muhamed" i vind-tunnellaboratoriet.

Parallelt med utviklingen av "Muhamed" foregikk det også utvikling av to, relativt små raketter, "Nisser" og "Gubber". Å se til virket de like. De hadde en forpart som utgjorde stridshodet og som var ca. 100 mm i diameter og med en lengde på ca. 150 mm. Den bakre delen som utgjorde en fast drivstoff rakettmotor, hadde en mindre diameter på ca. 50 mm. Forskjellen på de to var at mens den ene hadde motordysen helt bak så hadde den andre en ringdyse plassert mellom stridshodet og motordelen. Begge rakettenes var forsynt med stabiliseringsfinner festet i en ring med diameter lik stridshodets. Missilene var dreid ut av aluminiumbolt og konseptet gikk ut på at det hele skulle være meget enkelt ved at de skulle skytes ut av noe som ble betegnet som "Meierirør", fremstilt av presset papp, ca. 100 mm i diameter og montert på en "tripod" (trebent stativ) plassert på bakken.

Prøvene foregikk i den subsoniske vindtunnelen ved at de to modellene i full skala ble montert i testseksjonen og instrumentert slik

at en kunne foreta enkle målinger av løft og motstand ("drag"). Ettersom rakettenes var aksesymmetriske representerte sidekraften også løft.

Under Hvedings og Egil Eriksens ledelse ble et antall "Nisser" og "Gubber" utprøvd ved at de ble skutt ut av "Meierirøret", men uten videre suksess. Det viste seg at rørets styrke nok var noe overvurdert da det hadde en slem tendens til å dele seg opp i flere deler. Missilene var heller ikke helt gode hva den aerodynamiske stabiliteten angikk. En samlet vurdering førte til at prosjektet "Nisser" og "Gubber" ble avviklet.

## Terne

Alt i 1947 ble det ved FFI besluttet å begynne utviklingen av en rakettmotordrevet "synkemine" mot undervannsbåter. Tanken var opprinnelig å utvikle en slags "flyvende torpedo", en ballistisk rakett, med tilsvarende stort stridshode. Raketten måtte da nødvendigvis også bli relativt stor.

Matematikeren Jan Garwick vurderte treffsannsynligheten for en slik rakett. For å prøve den ut mente han at det kunne gjøres enklere ved å redusere størrelsen til halvparten. Ved videre studier kom da ideen om å beholde denne mindre størrelsen, men øke antallet for hver salve til seks, som kunne skytes i valgbart mønster og dermed øke sannsynligheten for treff. Prosjektet fikk navnet Terne (beskrevet i hefte nr. 2 i denne hefteserien).

Da Olav Blichner, spesialist i aerostruktur, høsten 1951 ble ansatt ved FFI, var det alt utført en del vindtunnelprøver, og det var også satt igang fullskala skyteprøver. Disse gikk det ikke så bra med, og det viste seg derfor behov for utstrakte vindtunnelprøver.

Det hadde vært et poeng at kroppen skulle fremstilles av aluminium. Dette hadde resultert i en støpt aluminiumsnese, til hvilken det var festet et aluminiumsrør som stort sett utgjorde stridshodet. Dette igjen var festet til en rakettmotor med mindre diameter enn kroppen ellers, og som derfor representerte en skarp diskontinuitet i overflaten. På motoren igjen var det festet ringer hvorpå fire store finner ble skrudd.



*Terne Mk 2 før skudd.*

Problemene var av forskjellig art. Det mest åpenbare var at de stabiliserende halefinnene ikke holdt mål. Under vanninnslaget ble de enten vridd eller rett og slett revet av. Det samme skjedde med rakettneisen. Dermed kunne en ikke være sikker på rakettens undervannsbane, og noe måtte definitivt gjøres.

Fra gruppen som hadde ansvaret for rakettens akustiske nærhetsbrannrør var det dessuten ytret bekymring for stabilitet og støynivå under vanninnslaget og synkefasen. I tillegg kom at ved store rekkevidder var det problemer med rakettens treffsannsynlighet.

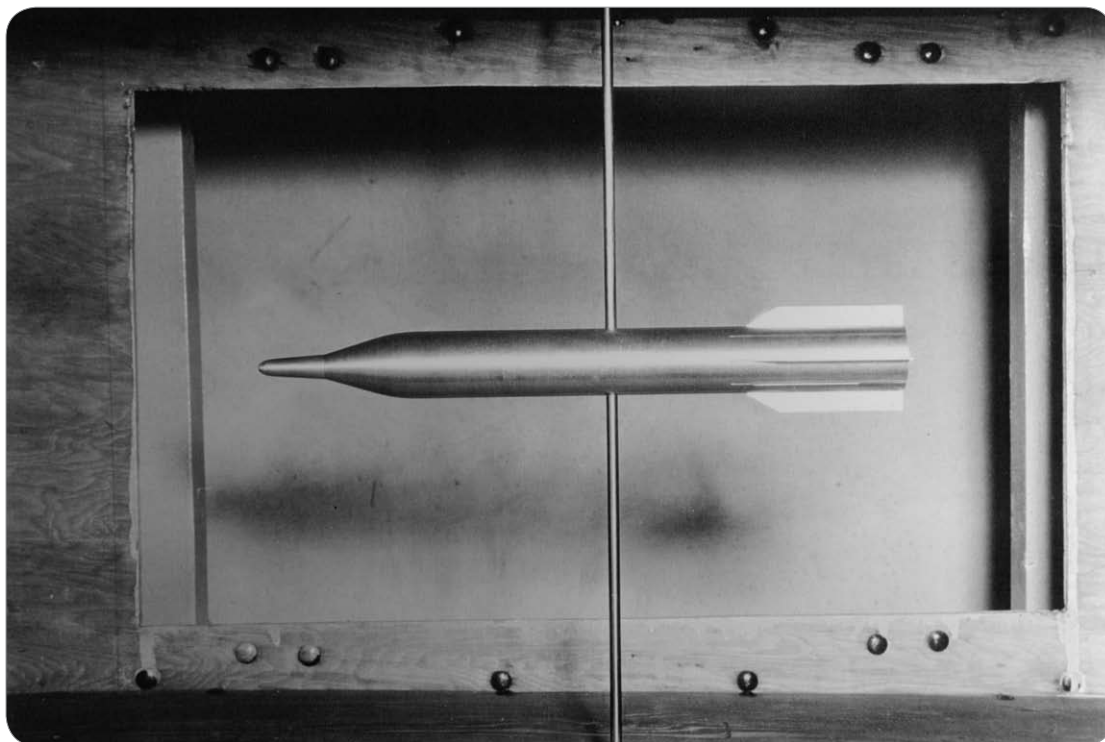
Alle disse problemene resulterte i flere prøveprogrammer i den subsoniske vindtunnelen. I første omgang så vi på disse som stort sett uavhengig av hverandre, men etter hvert ble det klart at de alle hadde en indre avhengighet. Forståelsen av dette førte til en fullstendig nykonstruksjon av raketten.

Utgangspunktet var rakettens treffsannsynlighet. Den aerodynamiske spredningen fremkommer ved vindavdrift som kan måles og dermed til en viss grad kompenseres for. Den ballistiske spredningen er avhengig av rakettens bevegelse ut av launcheren (utskytingsrampen) og når rakettmotorforbrenningen opphører. Den aerodynamiske

påvirkningen av raketten begynner idet rakettens fremre launchersko (styreknotter festet på raketten) forlater launcheren og et økende vindpress gjør seg mer og mer gjeldene på forkroppen. Så vel gravitasjon som vindpress kan få raketten til å dreie seg om de bakre launcherskoene og dermed gi et avvik i rakettens hastighetsvektor når den forlater launcheren. Dersom rakettmotoren ikke er helt utbrent når raketten forlater launcheren vil et vindpress på halefinnene forårsake en dreining av raketten og dermed motorens skyvekraftvektor som igjen resulterer i økt spredning.

Stabilitetsforsøk i vindtunnelen med halefinner av ulike typer bekreftet at raketten kunne gjøres stabil selv med relativt små, dvs. lave finner. Dette var ubetinget også en fordel hva størrelsen på launcheren angikk. Lengden av denne var dertil begrenset av høyden under dekk på båten den skulle skytes fra. Ved å flytte rakettens fremre launchersko bakover til like foran rakettens tyngdepunkt blir tiden til at de fremre launcherskoene slipper, vesentlig redusert, som følge av at raketten har oppnådd en vesentlig høyere hastighet. Vindtunnelprøvene med halefinnene ble utført på raketter der diameteren var konstant over hele kroppslengden.





*Terne Mk 3. Modell i subsonisk vindtunnel.*

Dette var utgangspunktet for "innslagsprøvene", med forskjellig nesegeometrier som ble foretatt i vindtunnelen, og som ble utført for å undersøke virkningen på raketts stabilitet og særlig "drag", dersom nesens geometri måtte endres av akustiske hensyn. Dette igjen var av betydning, ikke bare for rekkevidde, men også for synkehastighet.

Hva treffsannsynligheten angår hadde vi først konsentrert oss om raketts flukttid med påfølgende spredning. Ødeleggelsene av halefinner og nese brakte også raketts undervannsbane og synketid sterkere inn i bildet. En teoretisk studie var utført der synkehastighet ble beregnet som funksjon av tverrsnittbelastning, dvs. raketts vekt over kroppstverrsnitt. Konklusjonen som kunne trekkes av disse beregningene var at betydningen av synketid på treffsannsynlighet var sammenlignbar med det som var tilfelle for frifluktbanen.

Vindtunnelprøvene og den teoretiske studien førte til at rakettkroppen ble endret til i prinsippet å bestå av et rett rør. Dermed ble materialet endret fra aluminium til stål. Dette muliggjorde at launcherskoene og halefinnene kunne sveises direkte på rakettkroppen. Økningen av motordiameteren

resulterte i en større, tottrinns, rakettmotor med større fleksibilitet. Raketts totalmotstand ble vesentlig redusert og sammen med større totalvekt ble synkehastigheten tilsvarende økt og dermed også treffsannsynligheten. Den akustiske støyen ble dermed også sterkt redusert.

Som følge av usikkerheten med det akustiske nærhetsbrannrøret på denne tiden ble det besluttet å føre utviklingen av et mekanisk anslagsbrannrør, "Sagafuzen", videre. På denne måten ville vi sikre oss at vi hadde et fungerende brannrør når Terne Mk 3-systemet skulle demonstreres. "Sagafuzen" hadde imidlertid ingen tilfredsstillende banesikring og en slik måtte derfor utvikles. På den tiden var det i gang utvikling av et nærhetsbrannrør for 81 mm bombekastergranat på Avdeling for telekommunikasjon (Avd. T). (Se hefte nr. 12, Nærhetsbrannrør, i denne hefteserien.) Der inngikk det en turbin som ved avfiring av granaten akselererte opp til 40 000 omdreininger/minutt.. Denne turbinen egnet seg også til bruk i det som fikk betegnelsen "Turbofuzen". Kraften fra turbinen ble benyttet til å dra ut en låsestang som så utløste brannrørssikringen. Kalibreringen som skulle sikre utløsning i sikker avstand fra launcher, ble utført med høytrykksluft som



"Turbofuzen".

var tilgjengelig i vindtunnelen. "Turbofuzen" ble ferdig tidsnok til at den ble brukt under salvefyring ved demonstrasjon i Fusafjorden for representanter fra Nato-landene.

Demonstrasjonen ble vellykket, men dette var den eneste gangen "Turbofuzen" ble benyttet under "operative" forhold. Arbeidene med det akustiske nærhetsbrannrøret ble etter hvert kronet med hell og ble brukt siden.

### Radioaktivt nedfall

Aerostrukturgruppen ble også sterkt engasjert i forbindelse med innsamling av radioaktivt nedfall i høyder opptil ca. 10 000 moh., og med konstruksjon og utprøving av sjokkventiler for bruk i atombombesikre fjellanlegg. Hveding ledet arbeidet med innhentning av radioaktivt nedfall. Blichner sto i første omgang for design og utprøving av sjokkventilene.

FFI hadde alt etablert landbaserte målestasjoner for innsamling av radioaktivt nedfall fra de mange atombombeprovne som fant sted på den tiden. Filtrene fra disse målestasjonene som fanget opp de radioaktive partiklene ble målt og registrert. En savnet imidlertid målinger i forskjellige høyder over bakken. Til dette ble det konstruert et rør med filter som ble plassert på fly for å ta opp det radioaktive støvet.

Det ble innledet et nært samarbeid med Luftforsvaret som sørget for opphengsutstyr på flyet, vanligvis en F-86. Røret var rektangulært i tverrsnitt og hadde en klaff, (en åpne-lukkemekanisme), som ble styrt fra flyets cockpit. Det ble samlet inn prøver fra

flere høyder. Røret ble fra første dag av ikke kalt annet enn "Støvsuger'n".

Under utviklingsfasen ble luft fra den subsoniske vindtunnelen ledet inn i "Støvsuger'n" for å simulere de første prøvene. Det var i denne forbindelse viktig å bestemme strømning av luft gjennom røret og filteret, for på denne måten å bestemme mengden av oppsamlet radioaktivt støv pr. luftmengdeenhet. Slik ble den subsoniske vindtunnelen også benyttet til å kalibrere "Støvsuger'n".

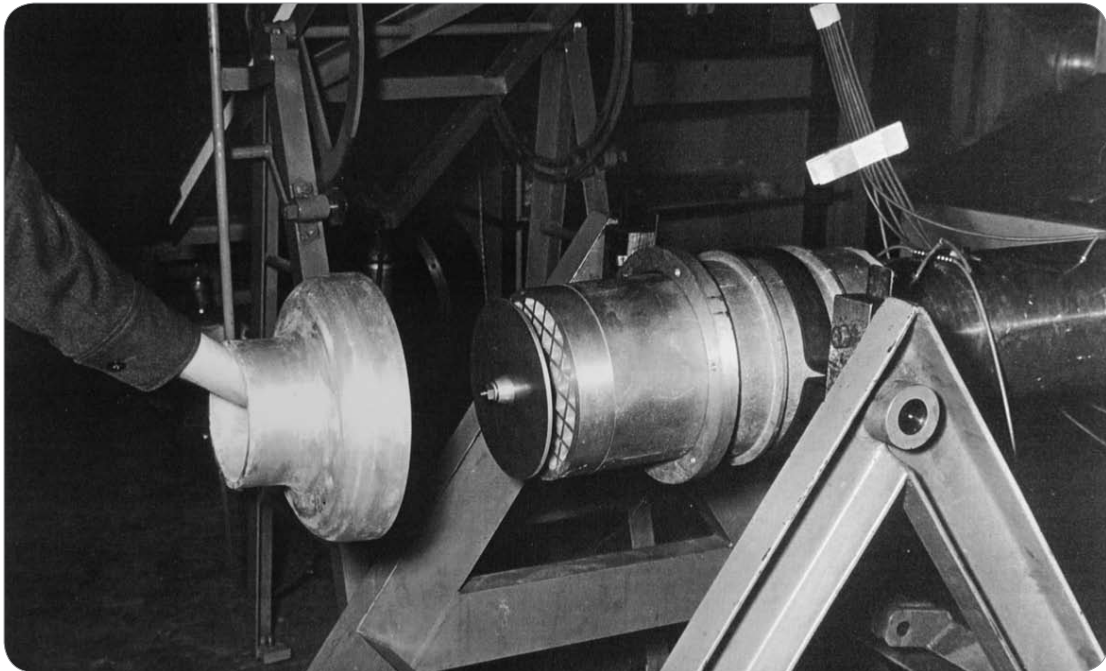
Målinger med denne kunne foretas i forskjellige høyder slik at vi kunne danne oss et bilde av forflytningen til det radioaktive nedfallet i tid og rom. Dette arbeidet pågikk over lang tid og med flere fly, noe som resulterte i en relativt stor mengde nedfallsdata fra atmosfæren.

### Beskyttelse av fjellanlegg

Arbeidene med beskyttelse av fjellanlegg konsentrerte seg i første omgang, hva vindtunnellaboratoriet angikk, om utvikling av sjokkventiler. Det var i første omgang to anvendelser som var aktuelle, en type for de store, militære anleggene, hovedkvarterene, og dernest ventiler for mindre anlegg, representert ved Sivilforsvaret. Begge ventiltypene var radikale videreutviklinger av alt eksisterende ventiler.

Hovedfilosofien bak begge typene var at de i motsetning til andre, tilsvarende ventilsystemer, primært skulle lukke ved signal. Dette ut fra det syn at en lukket ventil vil ha en større sikkerhetsmargin enn en som lukker ved at sjokkbølgen treffer den. Dersom lukking ved signal av en eller annen grunn feilet skulle ventilene være selvlukkende på en måte som resulterte i et minimum av trykkvirkninger i anleggene innenfor. Begge ventilene ble montert i armerte rør som var støpt inn i betongveggene som dannet den fysiske beskyttelsen av anlegget.

Den største av ventilene som ble utviklet bærer betegnelsen "NOFFI"-ventilen, er ca. 500 mm i diameter og består av to konsentriske rør, et ytre som støpes inn i betongveggen og et indre, ca. 100 mm i diameter som holdes på plass av kraftige, radielt sveisede stålplater. En pneumatisk sylinder, dvs. en spesialdesignet jekk, er montert i det



*“SIFFI”-ventilen i testjigg.*

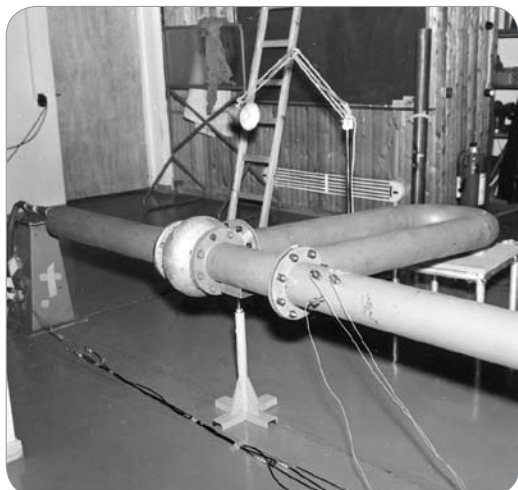
indre røret. Jekken brukes både til å åpne og lukke. Luft fra høytrykksflasker (180 bar) ledes gjennom en hurtigvirkende magnetventil inn i jekken som derved blir aktivert. På enden av stempelstangen, ca. 50 mm i diameter stålstang, er montert en ca. 10 mm tykk aluminiumsplate. Ved kommandolukking drar jekken platen inn, slik at den hviler på de to konsentriske rørene og de seks stålplatenene, og skal her tåle et statisk trykk på ca. 100 bar. Kommandolukking av ventilen skjer i løpet av ca. 1/10 sek og initieres enten for hand med bryter eller automatisk ved føler(e) plassert i spesifisert avstand fra ventilen. Sjøkklukking skjer ved at sjokkbølgen treffer ventilplaten.

For å optimalisere luftmotstanden gjennom ventilen ble luft fra den subsoniske vindtunnelen ledet inn i “NOFFI”-ventilen. Trykktapet ble så registrert med lukkeplaten i forskjellige posisjoner. Ut ifra disse målingene ble platens posisjon i forhold til anslagsflaten bestemt en gang for alle.

Ventilene har vært montert i anlegg som Kolsås og Reitan. Forutsetningen var at systemene skulle overvåkes og dermed inspiseres med regelmessige intervaller. Det første intervallet ble noe langt. Da ventilene ble prøvd etter 25 år, lukket samtlige ventiler slik de skulle ved ett trykk på utløsningsknappen.

“SIFFI”-ventilen (Sivilforsvaret/FFI) hadde Sivilforsvarets stenfilter som utgangspunkt. Dette besto av et innstøpt aluminiumsrør fylt med sten som ble holdt på plass av to aluminiums gitterplater (riste). For den nye ventilen er det innstøpte aluminiumsrøret fremstilt lett konisk, med den største diameteren vendt ut. Et konisk stenfilterrør ble konstruert slik at det passer i det innstøpte røret. Ristene er fremstilt av støpt, sjøvannsbestandig aluminium og er vesentlig kraftigere enn på de gamle stenfilterene. Gjennom sentrene på ristene er festet et aluminiumsrør som holder ristene og røret sammen. Røret kan fylles med sten og fungerer da som stenfilter. Ulempen ved dette er at det blir en relativt høy luftgjennomstrømningsmotstand. I stedet er den ventilen forsynt med en rund plate som er montert på en stang gjennom senterrøret på ventilen. Med et håndgrep lukkes ventilen ved at platen trekkes inn mot risten, eller ventilen lukkes ved at sjokkbølgen skyver platen på stangen til lukket posisjon.

Som for tilfellet med “NOFFI”-ventilen ble også “SIFFI”-ventilen koblet til den subsoniske vindtunnelen for utprøving. Ved disse forsøkene ble det bekreftet at trykktapet gjennom stenfilteret var høyt og det ble konkludert med at ventilen vanligvis burde kunne brukes uten stener. Sjøkklukking ble ansett som en



*Forsinkelsesventilen under utprøving i det lille sjokkrøret.*

nødløsning, men det er selvfølgelig mulig å fylle røret med sten dersom en alvorlig situasjon tilsier det. En del mindre anlegg er forsynt med "SIFFI"-ventiler.

Senere utviklet Hveding en forsinkelsesventil ("U-ventil") som ved bruk av et u-formet rør fikk sjokkbølgen til å stenge ventilen før den nådde frem til anlegget.

Det videre arbeidet med "U-ventiler", som lukker uten å slippe gjennom trykkbølger,

ble et alternativ til bruk i tilfluktsrom. Dette var arbeidet som fortsatte under Hvedings ledelse etter at Blichner gikk over til Penguin-prosjektet.

Gjennom årene ble den subsoniske vindtunnelen benyttet til forskjellige mindre undersøkelser, så som studier av strømning over kuler av forskjellig størrelse, kalibrering av hastighetslogger med mer.

Et oppdrag som fulgte med vindtunnelen gjennom mange år var kalibrering av små håndholdte vindmålere som Meteorologisk Institutt benyttet. Målingene var ganske enkle. Vindmåleren ble plassert slik at skovlene befant seg midt i tunnelen og hastighetsskalaen vendt utover slik at den kunne avleses utenfor testseksjonen. Disse data ble så plottet mot lufthastigheten i testseksjonen og det ferdige resultatet overlevert Meteorologisk Institutt.

### Den supersoniske vindtunnelen

Erik Mollø-Christensen så klart begrensningene til lavhastighetstunnelen. Med maksimalhastighet på 50 m/s var den ubrukelig i forbindelse med utvikling av supersoniske raketter. I 1950 var det derfor startet opp konstruksjon av en supersonisk vindtunnel



*Normann (t.v), Blichner og Lund-Riise foran "diffusoren".*





48 torpedotrykkflasker i nedgravd bunker bak vindtunnelen.

for testing av "aksesymmetriske raketter". Den påtenkte tunnelen var av "Blow down"-typen som består av et høytrykksreservoar, en hurtigvirkende ventil som slipper luften til en dyse, der luften ved ekspansjon, akselereres til supersonisk hastighet gjennom testseksjonen og videre gjennom en supersonisk og subsonisk "diffusor", ut i fri luft.

Høytrykksreservoaret besto til og begynne med av rør ervervet fra et hydroelektrisk kraftverk. Rørene hadde en diameter på ca. 1 m som var sveiset og boltet sammen. Maksimalt tillatt trykk var 10 bar. Den hurtigvirkende ventilen var forøvrig montert på en panserplate som det ble hevdet stammet fra det tyske slagskipet "Tirpiz". Senere ble kapasiteten til luftreservoaret økt med 48 torpedotrykkflasker av Bull-torpedo typen. Flaskene tålte et trykk på opptil 200 bar og representerte en betydelig økning av luftkapasiteten, som igjen ga mulighet for en mer rasjonell bruk av vindtunnellaboratoriet.

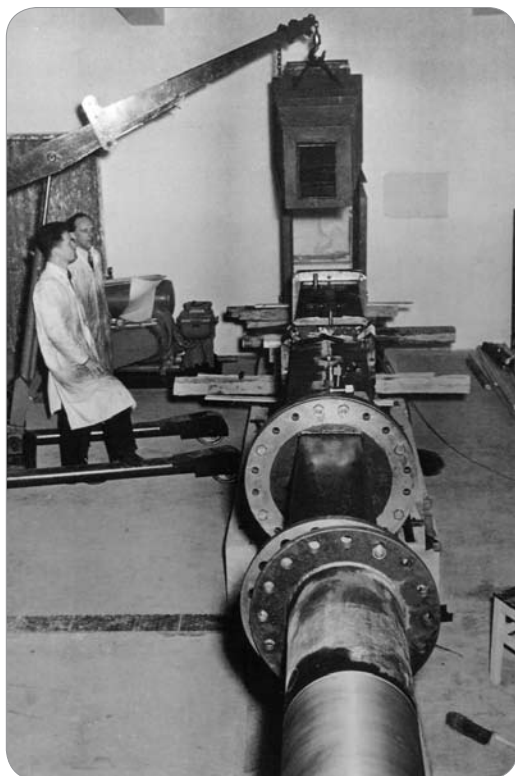
Torpedotrykkflaskene ble funnet lagret i ubåt-hangaren utenfor Trondheim, og Blichner ville ha disse flyttet til FFI. Direktør Møller var først ikke tent på ideen. Blichner uttalte

da at det var synd at svenskene nå kom til å overta trykkflaskene. Dagen etter lå det beskjed til ham om å dra omgående til Trondheim og sørge for at trykkflaskene ble sendt til FFI!

Trykkflaskene ble fylt fra to tyske ubåt-kompressorer. Den ene innkjøpt hos en skraphandler, den andre overtatt av Sjøforsvaret som også hadde overhålt kompressorene og som virket utmerket i den tiden de var i bruk.

Etter at Mollø-Christensen hadde forlatt instituttet, fullførte Hveding og Blichner arbeidet med konstruksjonen av den supersoniske vindtunnelen, med assistanse av Reidar Lund-Riise, Ragnar Paul Mathisen og Bård Einar Normann.

Komponentene til tunnelen ble fremstilt ved forskjellige bedrifter. Således ble dyse- og diffusorseksjonene støpt i stål ved Strømmens verksted. Den subsoniske "diffusoren", en stålplatekonstruksjon, ble levert av A/S Sveiseindustri, men de fleste mindre komponentene kom fra instituttets fellesverksted. Det ble en god del av dem, og det tok sin tid, slik at verksmester Wangen tilslutt ble litt



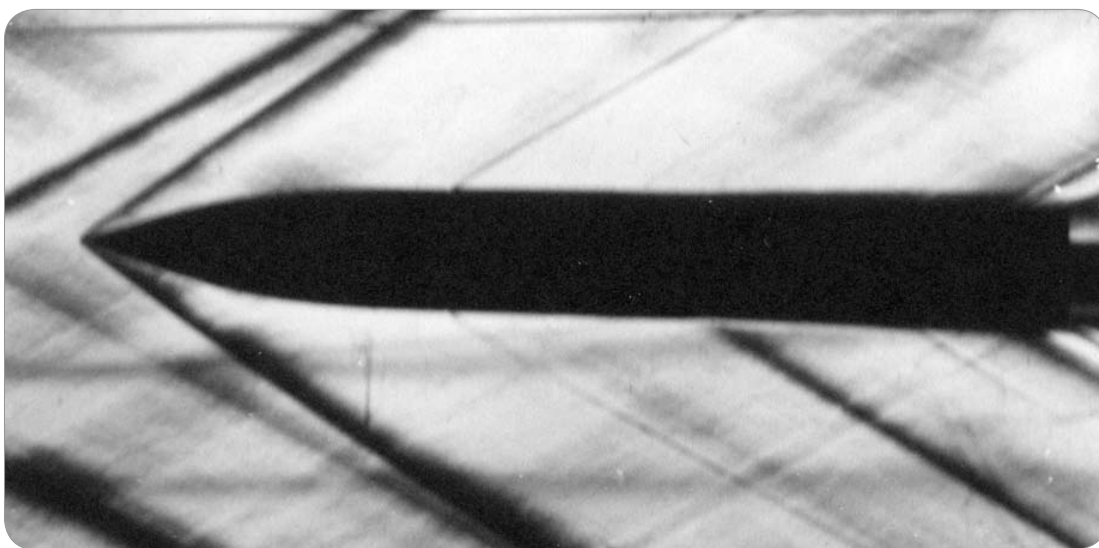
*Blichner (foran) og Hveding under montering av den supersoniske vindtunnelen.*

utålmodig og utbrøt: "Du, Blichner, jeg har inntrykk av at denna tunnelen suger mer enn den blåser, jeg!" Arbeidene gikk imidlertid sin gang, slik at tunnelen sto klar til de innledende forsøkene i 1953.

Innkjøringen av den supersoniske vindtunnelen foregikk i flere trinn. De første var rett og

slett å kjøre tunnelen med økende trykk. Det foregikk ikke støyfritt, og maleren som holdt på å male Fellesverkstedet oppe på en høy stige, ble varslet før hver prøve. I begynnelsen kom han ned og stilte seg på et "sikkert sted", men etter hvert som "ingenting hendte" forble han oppe på stigen. Det var da tunnelen ble kjørt med det mest kritiske trykkforholdet at det skjedde. I testseksjonen var det plassert en enkel modell, en sylinder med konisk nese. En sterk lyskilde og en gjennomskinnelig plate på andre siden av testseksjonen ble montert for å observere dannelsen av en sjokkbølge over nesekonen. Bård Einar Normann plasserte seg i siderommet for å observere dannelsen av sjokkbølgen. Maleren ble varslet, men insisterte på å forbli på stigen. På toppen av den! Det gikk galt! De ytterste, vertikale delene av "diffusoren" var, for å spare penger, blitt laget av kryssfiner. Tunnelen ble startet, med et riktig brøl, og alt så ut til å gå bra. Men så tålte ikke kryssfineren belastningen. Det ble først sugd inn og så nærmest spyttet i småbiter ut over hele plassen mellom vindtunnelen og Fellesverkstedet. Det så ikke noe oppmuntrende ut, men heldigvis var ingen skade skjedd! En stund senere fikk vi beretning fra en som hadde observert det hele fra Avd. T: Maleren på toppen av stigen hadde sklidd ned av den på magen – løpt langs veggen og ikke stoppet før han sto i andre etasje av fellesverkstedbygget!

Normann ble etter forsøket spurt om han hadde sett noe sjokk fra sitt observasjons-



*Sjokkbølger fra raketmodell i den supersoniske vindtunnelen.*



*Etter den kraftige utblåsingen lå deler av "diffusoren" i småbiter utover bakken.*

sted, hvorpå Normann forferdet svarte på syngende nordnorsk: "Næ, så æ no sjokk? Æ fekk det!

Den ytterste utblåsningsdelen av den supersoniske vindtunnelen ble nå erstattet med en av stål. Etter det var det ingen problemer med tunnelen, dvs. en hendelse kunne lett ha blitt pinlig. Statsminister Einar Gerhardsen var ventet til FFI og skulle blant annet besøke vindtunnellaboratoriet. Vi hadde bestemt oss for å demonstrere åpningen av ventilen. "For sikkerhets skyld" skulle vi prøvekjøre det hele. Det skar seg!

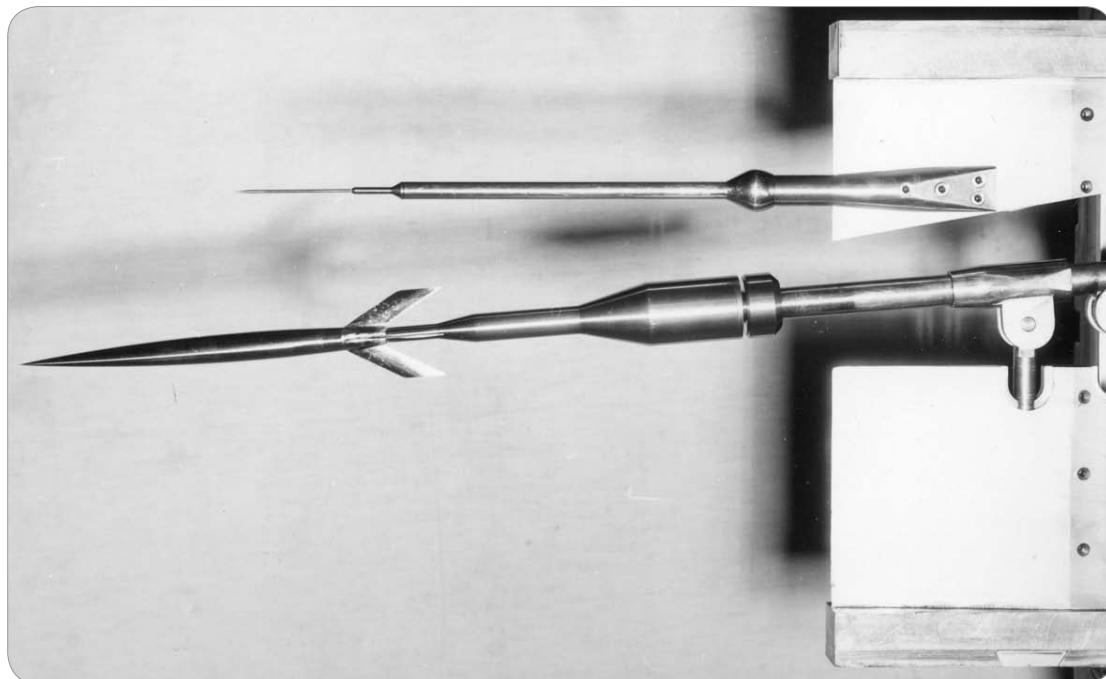
Vi startet opp det hydrauliske systemet og pang! Så sviktet en slangekobling og oljespruten sto rett i taket. En stund var det "armer og bein". Olje ble sopt/tørket opp av gulvet, med sagmugg tryllet frem fra Snekkerverkstedet, rørene koblet sammen på et vis og det hydrauliske anlegget tørket så godt det lot seg gjøre. Og så kom Gerhardsen med følge! Normann hadde fått i oppdrag å posisjonere seg "strategisk" i rommet slik at ingen av gjestene kunne plassere seg slik at de fikk oljedrypp i hodet. Alt gikk imidlertid bra og besøket ble vellykket, men noen åpningsdemonstrasjon av ventilen ble det ikke, denne gangen.

Derimot fikk gjestene se to vindtunnelmodeller som Fellesverkstedet hadde fremstilt. Disse var AGARD (Advisory Group for Aeronautical Research and Development), Nato standardmodeller. Hensikten med disse var å kjøre dem i de forskjellige Nato-landenes vindtunneler som en slags kalibrering, slik at resultatene fra de respektive tunnelene kunne sammenlignes.

Modellene var festet til vekter, "sting", og plassert midt i testseksjonen, der det ble målt luftmotstand, løftekrefter og momenter. Løftekrefter og momenter ble målt vha. strekkklapper der meget fine motstandstråder ble strukket eller komprimert når stingmaterialet ble utsatt for strekk eller kompresjon. De elektriske signalene fra strekkklappene ble forsterket og viste de belastningene som stingene ble utsatt for.

Montering av strekkklappene var en finmekanisk prestasjon som Hveding sto for, og som han videreutviklet i forbindelse med instrumenteringen til det lille og det store sjokkrøret.

Innkjøringen av den supersoniske vindtunnelen skjedde blant annet ved at studenter fra NTH fikk hovedoppgaver å løse. Dette foregikk ikke alltid uten problemer. Studentene



*AGARD-modellen montert i testseksjonen i den supersoniske vindtunnelen.*

skulle den gang arbeide mest mulig selvstendig og ble i stor utstrekning overlatt til seg selv. "En dag kom det telefon til mitt kontor fra en av dem", sier Blichner, med beskjed om å komme ned i vindtunnellaboratoriet så fort som mulig. Vel ankommet begynte studentene først å hoppe rundt, dernest å slå med nevene på tunnelen og til slutt begynte den ene å jodle, mens de ropte: "Se, se!" Min første refleksjon var jo at nå var det blitt litt for meget for dem, at de simpelthen hadde "tørna". Så var naturligvis ikke tilfelle, og ved en nærmere titt på skriveren som de hele tiden hadde pekt på, ble det observert dramatisk store utslag. Dette trodde studentene kom fra strekkloppene. Forklaringen var at forsterkeren som bare skulle forsterke signalene fra strekkloppene også var følsomme for vibrasjoner. Signalene fra disse forstyrrelsene var i størrelse sammenlignbare med dem som kom fra modellbalansene og var da vanskelige for ikke å si umulige å tolke. Gode råd var nå dyre. En stund ble det filosofert over at "ikke resultater" også var verdt å rapportere. Løsningen ble imidlertid noe mer fremtidsrettet. Forsterkerne ble isolert mot vibrasjoner, og det ble etterhvert mulig å få registrert brukbare resultater. Studentene fikk dog en lærdom med på veien: Når det gjelder praktisk forskning kan alt skje, vanligvis på det mest ubeleilige tidspunkt. Dette ble med andre ord deres første

møte med "Murphy's Law": "If anything can go wrong – it will! (Often at the most inconvenient moment)".

En liten episode som inntraff en tid etter at den supersoniske vindtunnelen ble operativ er verdt å ta med seg. Som det er nevnt, var ikke den supersoniske tunnelen akkurat støyfri. Folket rundt på avdelingene opplevde ofte at tunnelen startet med et brøl som absolutt kunne virke "sjokkerende"(!). Spørsmål om å ha en varsling før tunnelen startet ble tatt opp. Det ble forelagt forskningssjef Tomas Krog som i første omgang "skulle tenke over saken". Tenkepausen ble ikke lang!. Det ble siden rapportert at Krog hadde kommet gjennom vekten, var på vei oppover forbi garasjene og var akkurat kommet på høyde med vindtunnellaboratoriet da den "supersoniske" braket løs. I ti sekunder skal Krog ha stått som frosset fast, så var det hele over, stillheten senket seg atter over plassen og Krog fikk samlet seg til å gå videre. Så var "tenkepausen" over. Dagen etter kom det beskjed om å anskaffe en kraftig ringeklokke som kunne høres over hele instituttet og med lysvarslere!

Den supersoniske vindtunnelen ble altså ferdigbygget og en rekke prøver utført. Men ut fra målsettingen med tunnelen, nemlig å teste aksesymmetriske missilmodeller, må



prosjektet karakteriseres for mindre vellykket. Årsaken til dette var at mens man hadde sett for seg en utprøving av supersoniske missiler, førte utviklingen til at man av grunnleggende årsaker besluttet å utvikle et missil med "transsonisk", dvs. høy "subsonisk" hastighet. Til dette var den subsoniske så vel som den supersoniske tunnelen ubrukelige.

Epilogen for den supersoniske vindtunnelen ble heller litt trist. Den teknologiske utviklingen hadde ikke ført med seg noe behov for å bruke tunnelen. Som følge av dette ble det besluttet å avhende den. Den ble demontert og det meste, bl.a. den store trykktanken ble solgt som skrapjern. Teknisk Museum hadde imidlertid meldt sin interesse for deler av tunnelen, nærmere bestemt testseksjonsdelen og diffusordelen. Sivilingeniør Thoresen ved museet hadde planer om å montere disse med en av AGARD-modellene montert i testseksjonen og den andre utenfor. Dessverre døde Thoresen mens Blichner bodde i Paris. Etter at Blichner hadde returnert fra oppholdet i Frankrike, tok han kontakt med Teknisk Museum. Der fikk han opplyst at de to vindtunnelseksjonene var solgt til en skraphandler. Modellene de hadde fått, kunne ingen fortelle hvor var blitt av.

## Kontrollrommet

Bortsett fra den subsoniske tunnelen ble den supersoniske tunnelen så vel som sjokkrøret kontrollert fra vindtunnellaboratoriets kontrollrom. Herfra ble kompressorene som forsynte de 48 torpedotrykkflaskene med luft, styrt, og herfra ble også lavtrykkstanken til den supersoniske tunnelen fylt og startet. Fra kontrollrommet ble også luft ledet til det lille og det store sjokkrøret, trykket kontrollert og sjokkbølgen initiert.

Signalene fra alle følerne som registrerte virkningene av de påførte belastningene ble overført til kontrollrommet. Her ble trykkførløp og sjokkhastighet, alt som funksjon av tid, registrert på oscilloscop med polaroidkamera. Fra ca 1973 ble oscilloskopene erstattet med båndopptakere, hvorfra dataene kunne skrives ut på papirskrivere. I kontrollrommet ble alle ordrer sendt ut og alle testresultatene registrert og behandlet.

## Instrumentering

Til å måle trykk og aksellerasjon ble det utviklet piezo-elektriske følere ved vindtunnellaboratoriet. Behovet for følere var stort, og ved enkelte forsøk forbruksvare. Å kjøpe ferdige følere var dyrt. De kostet flere tusen kroner pr. stk. Ved FFI ble de produsert



*Jonny Hansen Jonsrud (t.v) og Henrik Nilsen i kontrollrommet.*



*Disse følerne er utviklet i vindtunnellaboratoriet.*

vesentlig billigere og tilpasset våre forsøk. Kvalitetsmessig var de egenproduserte helt på høyden, f.eks. var temperaturfølsomheten vesentlig lavere på disse enn på kommersielt tilgjengelige. Følerne ble fremstilt, og ved behov reparert, av Helge Storbråten ved Avd. F. Kalibrering av trykkfølerne ble utført i det lille sjokkrøret, og alltid før et viktig forsøk. Akselereometrene ble kalibrert på et ristebord mot et kommersielt referanseaksellerometer.

De tilhørende ldningsforsterkerne ble i hovedsak laget av Per Nordby ved Avd. F.

### Exit "vindhunnelen"

Det er flere årsaker til at "vindhunnelen" etter hvert mistet sin aktualitet. Penguin-prosjektet åpenbarte at for det aktuelle hastighetsområdet for dette missilet strakk ikke vår vindhunnelkapasitet til. Man måtte til utlandet for å få utført de nødvendige vindhunnelprøvene. Dertil kom at skulle det etableres vindhunnelfasiliteter ved FFI for dette hastighetsområdet ville dette kreve så store investeringer i både utstyr og personell at det økonomisk ikke ville svare seg. I og med at prosjekt "Anker", et "bakke-til-luft" eller "luft-til-luft" supersonisk missil, ble skrinlagt, ble den supersoniske vindhunnelen også uaktuell.

Ved siden av dette har utviklingen på data-simuleringsområdet vært så sterk at mye av de aerodynamiske data kan frembringes ved denne metoden. Å utføre eventuelle vindhunn-

nelforsøk ute vil derfor medføre relativt små omkostninger. Den samme argumentasjon kan også gjøres gjeldende for sjokkrørene, men tilgjengelighet av disse ute vil kunne være noe mer begrenset enn for vindhunneller.

Alt i alt har vindhunnellaboratoriet med sitt testutstyr, gjennom årene tjent instituttet vel. Den har bidratt til at mange prøver som har vært nødvendige for utviklingen av en rekke prosjekter var mulige å utføre ved instituttet. Den utgjorde en epoke som var meget interessant, men som nå er forbi.

# Undervannsakustikk

*Utviklingen av undervanns lokaliseringstøyt ved Avdeling Asdic (Avd. A) i Horten i årene like etter Den andre verdenskrig fikk stor betydning både for militær og sivil virksomhet. De hjemvendte spesialistene fra Storbritannia dannet et nytt teknologimiljø i Norge. En av dem var Ole Fr. Harbek, og han har fortalt om de første årenes forskning og utvikling.*

## Utvikling av ekkolodd og ASDIC

Instituttets arbeid med undervannsakustikk begynte egentlig i Storbritannia under Den andre verdenskrig. Blant de som var kommet over fra Norge i årene 1941-42 var det en del ingeniører og universitetsfolk som var ivrige etter å komme i krigstjeneste, hvor deres kunnskaper kunne komme til nytte. Noen av dem hadde for øvrig hatt forbindelse med engelske forskere tidligere. Dette sammen med at engelskmennene manglet folk innen flere fagfelt, særlig radioteknikk, førte til at flere tilgjengelige norske spesialister ble mobilisert av Forsvarets Overkommando (FO) og utlånt til de britiske myndigheter.

Dette ble såpass vellykket at den norske regjering fikk en formell henvendelse om det kunne skaffes flere.

På norsk side var det opprettet et Forsvarets Overkommandos Tekniske Utvalg (FOTU) som tok seg av dette. Det ledet så til at FOTU via illegale kanaler kalte en del fagfolk over til England. Etter hvert ble et 40-talls nordmenn engasjert i britisk militærteknisk forskning. Fem norske spesialister ble utlånt til Royal Navy for å arbeide ved H.M. Anti Submarine Experimental Establishment (HMA/SEE), som var evakuert fra Syd-England til Fairlie ytterst i fjorden Clyde i Skottland. Det var Fredrik Møller, som kom fra Norges Tekniske Høgskole (NTH). Han hadde meget bred erfaring og hadde også sitt eget firma i Norge, A/S Akustikk. Henrik Nødtvedt kom også fra NTH. Han hadde arbeidet ved Christian Michelsens Institutt i Bergen sammen med Helmer Dahl. Ole Fr. Harbek var utdannet ved den tekniske høyskolen i Dresden. Han hadde arbeidet som assistent ved NTH og siden på laboratoriet i NRK. Ingjald Engelsen var svakstrømsmann fra NTH, og det samme var Torvald Gerhardsen. Til sammen fikk disse en meget

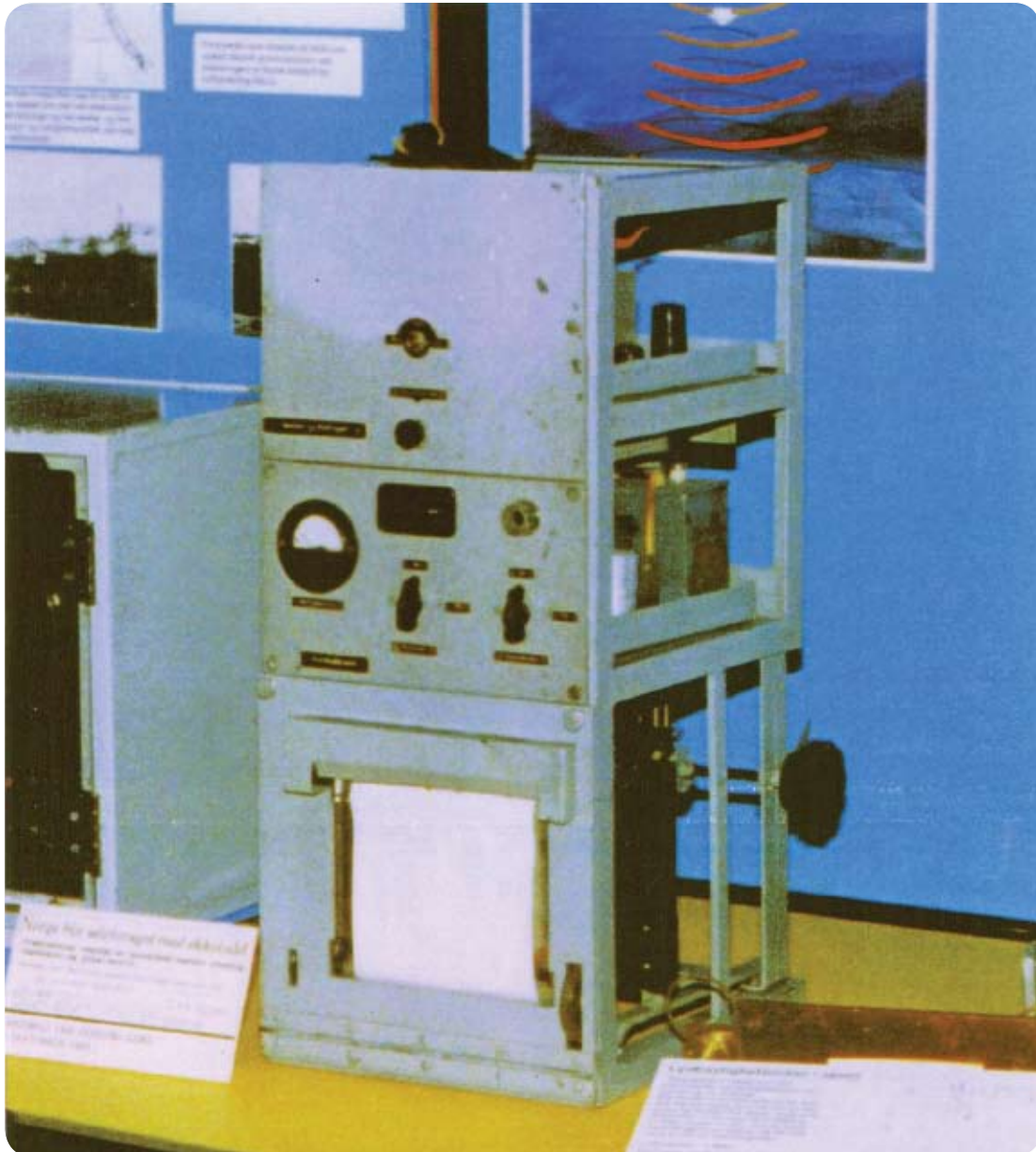
betydelig kompetanse innenfor fagfeltet undervannsakustikk som var nytt for Norge, og som etter hvert skulle vise seg å få meget stor betydning, både for det norske forsvar og for det sivile samfunn. Det var disse som startet opp arbeidet i Horten i januar 1946, selv om FFI formelt ble opprettet først i april samme år.

## Det startet med ekkolodd

Forskerne som hadde kommet tilbake fra England hadde ervervet seg kunnskaper som var unike og som burde utnyttes. Fredrik Møller mente at en burde gå løs på en oppgave som ikke var for stor, en slags innarbeidingsoppgave. En bestemte seg for å utvikle et ekkolodd som var lett å installere, enkelt å bruke og egnet for fartøy i fiskebåtstørrelse og oppover. Planen var å tilby resultatet til norsk industri.

I 1946 ble det startet arbeide med uteksperimentering og bygging av et ekkolodd. Laboratiemodellen var tydelig preget av å være laget av deler som på den tiden var for hånden, dvs. deler som var plukket ut fra brukt tysk og engelsk elektronisk utstyr.

En viktig del av ekkoloddet var svingeren for montasje i fartøyets bunn. Den var helt spesiell og ble utviklet av forskningssjef Henrik Nødtvedt. Den baserte seg på magnetostriksjon-prinsippet og kunne, i motsetning til den vanlige piesoelektriske svingeren, fungere uten spesiell beskyttelse mot vann. Svingeren og enkelte detaljer i elektronikken ble patentbeskyttet. Skriveren var også egen konstruksjon og en utfordring både for forskere og finmekanikere. Den hadde en overføringsmekanisme som tillot registreringer på papir å foregå på en rett linje, i stedet for det som var vanlig, på en buet linje som en del av en sirkel. Skalaen var også mer åpen



*Prototyp av ekkolodd ferdig utviklet 1948. Elektrokomponentene var plukket ut fra brukt tysk og engelsk utstyr.*

for nøyaktigere registrering ved små dybder. Ekkoloddet hadde en senderfrekvens på 30 kHz, en pulseffekt på 200 W og måleområder 0-100 og 0-500 m.

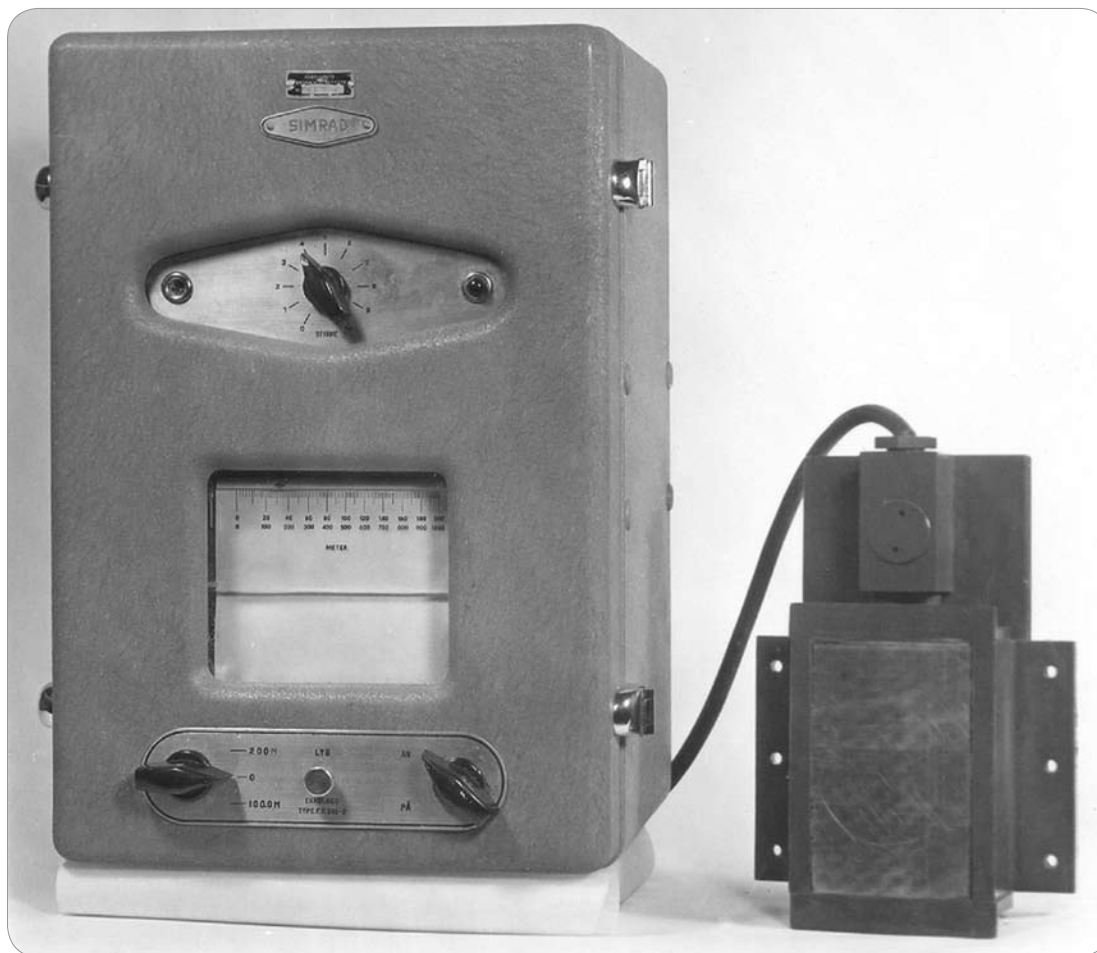
Prototypen var ferdig utviklet i 1948, og en gikk da ut i markedet og tilbød produksjonsrettighetene. Det kom inn over 30 søknader, og rettighetene ble gitt til Simonsen Radio A/S i Oslo, senere SIMRAD med sete i Horten.

Ekkoloddet ble en stor suksess, ikke minst takket være firmaets egen innsats, og ble

installert i norske marinefartøyer og fiskebåter. På kort tid hadde SIMRAD halvparten av det norske markedet.

For de impliserte forskerne ved FFI fikk saken en noe uventet bivirkning. Simonsen Radio A/S skulle betale en viss royalti av solgte ekkolodd, og departementet bestemte at halvparten av royaltien skulle Staten ha, mens resten ble å fordele mellom de forskerne som hadde stått for utviklingen. Denne ordningen fungerte i de 17 årene som patentene var gyldige, og beløpet var enkelte år ikke ubetydelig.





Første serieproduserte ekkolodd fra Simonsen Radio A/S, Oslo. Svinger til høyre.

### Arbeid med Asdic i Skottland

De Asdic-anleggene som den engelske marinen brukte ombord i sine fartøyer under krigen var egentlig ganske primitive og teknisk gammeldagse. Det var derfor naturlig at arbeid med forbedring av anleggene var i gang ved HMA/SEE i Skottland. I dette arbeidet ble også tre av de norske forskerne satt inn, og de hadde en nokså sentral rolle. Det var Fredrik Møller, Ole Fr. Harbek og Henrik Nødtvedt. Foruten at de lærte å kjenne et hemmelig våpen fra grunnen av, så ga dette også en rik faglig utvikling i et inspirerende og imøtekommende miljø.

Oppgaven var å forbedre retningsbestemmelsen mot målet, slik at en kunne utnytte mulighetene med nye våpen som kunne rettes mot målet, uavhengig av eget fartøys kurs. Dette var et ganske pretensiøst program, og det viste seg etter krigen at tyskerne hadde arbeidet med det samme problemet.

Det engelske prosjektet på Asdic-siden hadde kodenavnet "Four Square" og ble i stor grad ledet av Fredrik Møller. Prinsippet var at den styrbare lydstrålen var splittet i både horisontal- og vertikalplanet, slik at den nøyaktige peiling til målet kunne bestemmes og ekkokontakten holdes kontinuerlig.

Ved frigjøringen forlot først Møller og Nødtvedt prosjektet, og noe senere Harbek. Prosjektet ble imidlertid ført videre av HMA/SEE og resulterte i et operativt anlegg betegnet A/S-170. Omkring 1950 fikk Harbek anledning til å se anlegget demonstrert utenfor Portsmouth. Det ble klart at dette utstyret ikke egnet seg for norske fartøyer. Det var særlig våpenet, en svær 3-løpet morter, som representerte for stor vekt og alt for stort dekkstrykk for aktuelle norske fartøyer.

## Utvikling av Asdic-anlegg i Horten

Da ekkoloddprosjektet var overtatt av Simonsen Radio A/S begynte en ved avdelingen derfor å tenke på Asdic. Det første anlegget som ble utviklet etter erfaringene fra England var "Havneasdic'en". Betegnelsen Asdic ble etter hvert i fagmiljøet erstattet av det amerikanske SONAR (Sound Navigation And Ranging). Dette var et landbasert anlegg med den styrbare transducerdelen montert på havbunnen på egnede steder for å overvåke innløpet til viktige havner. Det var kabelforbindelse til anleggets øvrige utstyr på land. "Havneasdic'en" hadde en senderfrekvens på 30 kHz, pulseffekt på 1 kW og en rekkevidde på om lag 2000 m. Strålebredden var 12-15 grader.

Etter hvert ble det produsert om lag ti anlegg av norsk industri fordelt på flere firmaer med David Andersen som hovedleverandør. Anleggene ble produsert etter FFIs spesifikasjoner. Et antall ble plassert langs kysten, og i hvert fall ett var i kontinuerlig bruk i innpå 20 år.

På samme tid ble det utviklet en fiskerisonar med omtrent de samme data. Sonaren ble

satt i produksjon ved SIMRAD i 1955. Også dette ble en stor suksess. SIMRAD ble etter hvert en ledende leverandør av lokaliseringstutstyr for fiskeflåten, også internasjonalt.

Samtidig som utviklingen av "havneasdic'en" fortsatte ved avdeling Asdic, var det på Kjeller satt i gang arbeide med utvikling av en rakett for bekjempelse av undervannsbåter. Denne var tenkt brukt sammen med "havneasdic'en" for bruk i Kystartilleriet. Etter at en hadde lært å beherske raketteknologien begynte arbeidet med å utvikle et integrert system for lokalisering av ubåten og angrep mot den. Her ble erfaringene fra utviklingen av sonaranlegg ved Avd. U avgjørende.

(Se hefte nr. 2, Terne – et anti ubåtvåpen, i denne hefteserien.)



*Havneasdic fra begynnelsen av 1950-årene. Produsert av David Andersen a/s og aksjeselskapet NERA, Oslo.*

# Registrerende bunnstasjon (RBS)

*Ved Avd. U (Afdeling for undervannsforsvar), ble det i 1970-årene drevet forsøk med å finne egnet utstyr for måling av bakgrunnsstøy i sjøen. Tidligere ble målingene gjort fra fartøy eller fra landstasjon med kabel til hydrofon på bunnen. Begge metoder hadde vesentlige ulemper, med bl.a. betydelig egenstøy, fare for kabelbrudd og høye kostnader.*

*Med ny teknologi, nye materialer og miniaturisering av elektronikk ble en i stand til å utføre støymålinger på andre måter, som fjernet mange av de begrensninger en hadde måttet avfinne seg med tidligere. Jan Marthins har skrevet litt om dette prosjektet.*

## Det nye konseptet gikk ut på å benytte bøyer forankret til bunnen

Ideen til RBS ble unnfanget av forsker Øyvind Grenness så tidlig som i 1971. I en rapport analyserte han forskjellige målesystemer og konkluderte med at en RBS-stasjon hadde få ulemper og relativt lett kunne berges etter endt oppdrag. Det resulterte i at det i 1972 ble besluttet å bygge en prototyp av RBS. Dette oppdraget fikk avdelingsingeniør Sigmund Bæra, mens Grenness tok fatt på andre oppgaver.

En RBS-stasjon har all apparatur installert i et trykksikkert instrumenthus. Under drift er det forankret til bunnen. Stasjonen registrerer bakgrunnsstøy ved hjelp av hydrofon, bearbejder signalene og lagrer dem i en båndopptaker. Det har en eller flere utløsermekanismer som kan aktiveres bl.a. med et akustisk signal. Ved sin oppdrift kan det da bringe stasjonen til overflaten etter endt funksjon. Stasjonen kan settes ut og berges med minimalt bruk av teknisk personell, uten bruk av forskningsfartøy.

Instrumenthuset består av to halvkuleskall av GRP (Glass Reinforced Plastic), med nødvendige elektriske gjennomføringer. Til kraftforsyning nyttes tørrbatterier. Instrumenthuset besørger all nødvendig oppdrift og holdes fjærbelastet nede i en forankringsramme. Når utløseren aktiveres vil fjærtrykket skyve instrumenthuset opp og krafttilførselen brytes. Idet instrumenthuset når overflaten utløses en patron med fargestoff og blinklys, og en radiosender slås på for å lette lokaliseringen.

Etter omfattende forsøk med to typer bøyesystemer, en bunnstasjon med telemetriserende overflatebøyer og en RBS, ble det i 1975 besluttet å lage fem eksemplarer av RBS.

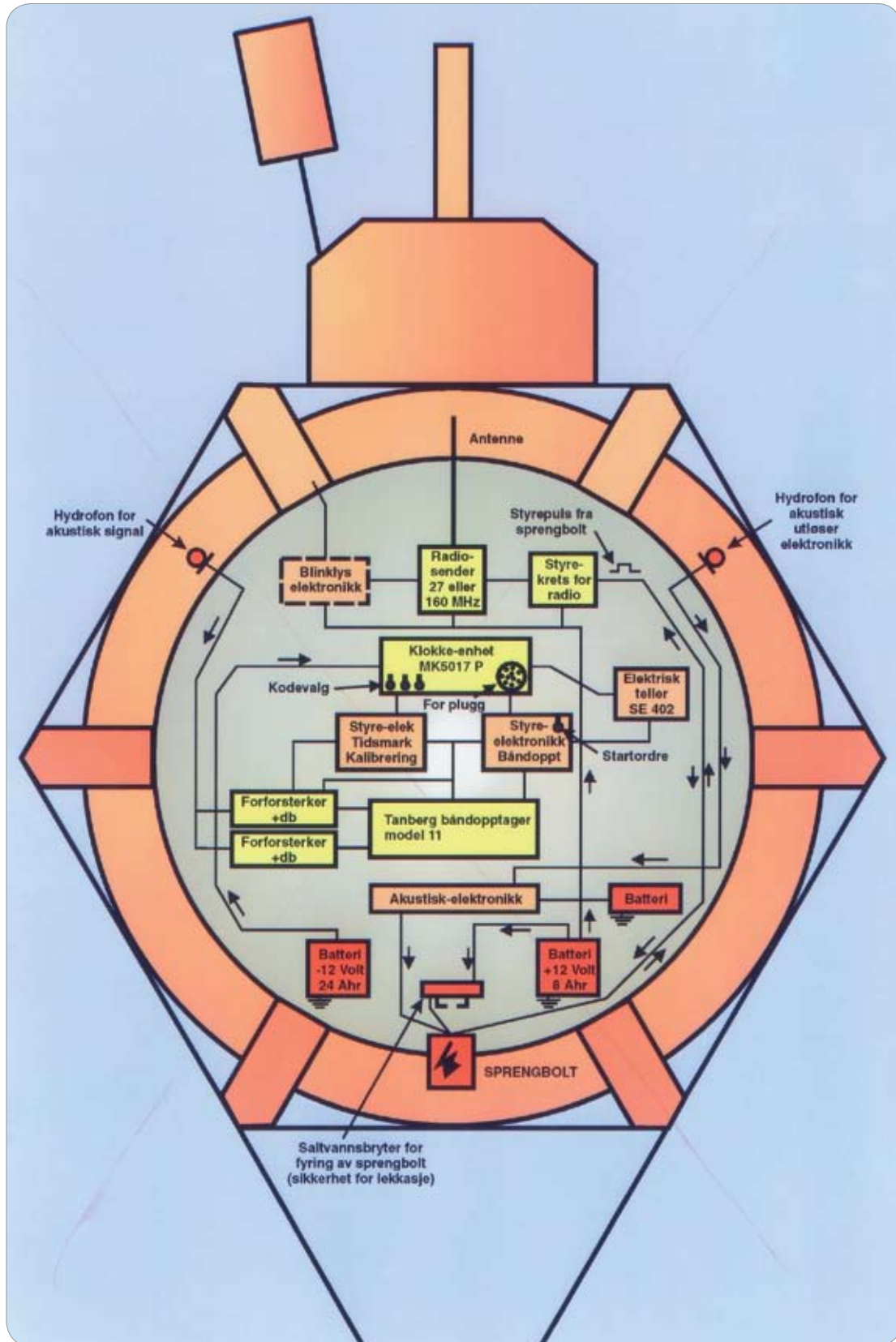
Bæra sto for all tegning, mekanisk konstruksjon og instrumentering. Han var meget allsidig og kunne også arbeide i verkstedet hvis det trengtes. Viktige medarbeidere i verkstedet var Ragnar Kristoffersen og Bjørn Idås.

RBS-bøyene har opp gjennom årene blitt brukt i flere prosjekter til registrering av bakgrunnsstøy:

- Prosjekt "LASSO" i 1976 til målinger på Finnmarkskysten, hvor flere RBS ble brukt til registrering av bakgrunnstøy og CW-signaler.
- Prosjekt "EKKO" i 1978. Flere forsøk på Finnmarkskysten, ofte med to stk. RBS satt ut samtidig.
- NATO Miloc Exercise "Shallow Meadow" i 1984, hvor to stk. RBS ble utlånt til HQ AFNORTH for måling av bakgrunnsstøy i Østersjøen.

Sigmund Bæra arbeidet med prosjektet helt til sin død i 1993. I løpet av denne tiden ble det laget mange versjoner av RBS med stadige forbedringer, men grunntanken var den samme: Selvforsynt bunnmontert enhet som registrerer undervannsakustiske signaler og som ved endt funksjonstid kommer til overflaten pga. sin oppdrift.

Mot slutten av 1980-årene ble bøyene også tilpasset et nyutviklet mikroprosessorbasert signalprosesseringsystem som gjorde det



Skisse av bunnstasjonens instrumentering.





*Sigmund Bæra på vei ut for å sette ut RBS.*

mulig digitalt å lagre frekvensanalyserte data (FFT). På denne måten ble sanntids data kraftig komprimert og bøyene kunne ligge ute og samle inn data over mye lengre tidsperioder enn det som var mulig med de tidligere analoge bøyene.



*RBS går i vannet.*



## Tidligere utgitt i denne serien

1. Om FFIs etablering på Kjeller og utviklingen fram til 1996
2. Terne – et anti ubåtvåpen
3. Datateknologi
4. Radiolinjer
5. Virkninger av kjernevåpen
6. Spredning av stridsgasser  
Kamouflasje
7. Ildledning og navigasjon
8. Luftvern og sårbarhet av flystasjoner  
Olje, gass og norsk sikkerhet
9. Bildebehandling og mønstergjenkjenning
10. Noen spesielle teknologiområder
11. Elektrooptikk
12. Nærhetsbrannrør for 81 mm bombekastergranat
13. HUGIN – Utvikling av autonome undervannsfarkoster ved FFI
14. Bioenergi  
Teltovn M 94 – flytende brensel  
Hermes og Jeeves
15. Batteriteknologi
16. Kommunikasjon
17. Fellesverkstedets utvikling 1953-2003
18. Nevrobiologi  
Strålingsbiologi
19. Ionosfæreforskning
20. Satellittovervåking

