

RAPPORT NR. F-RH-2

KOPI NR. 4

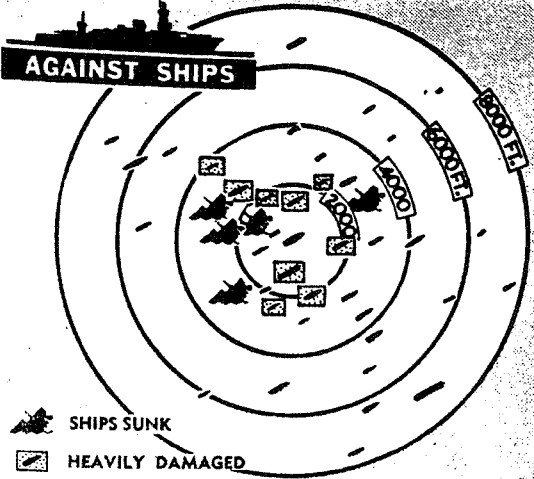
AVGRADERTV

31/1-13

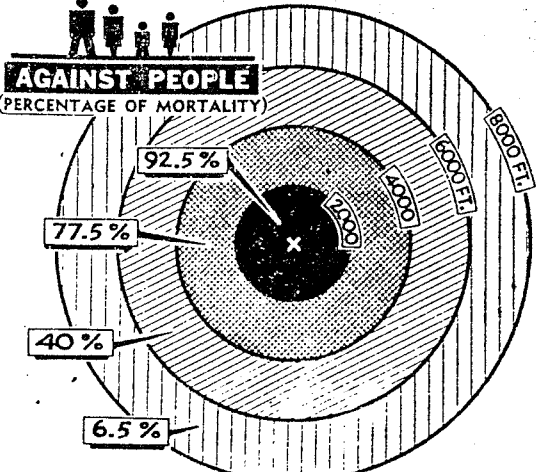
[Handwritten signature]

FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT

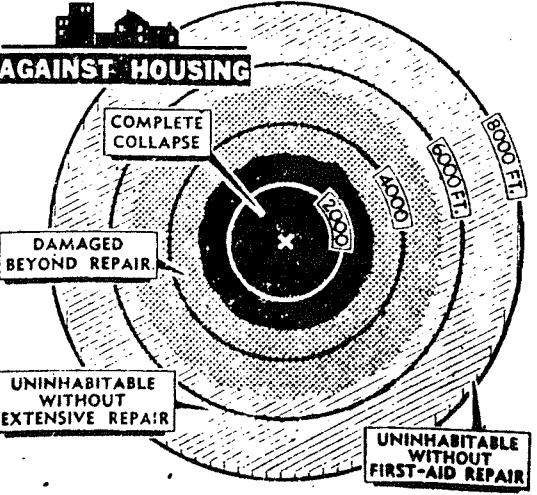
THE POWER OF ATOMIC BOMBS



PRELIMINARY REPORTS FROM BIKINI SHOW: FIVE SHIPS SUNK, NINE HEAVILY DAMAGED, FORTY-FIVE DAMAGED. EFFECT ON SOME 4,000 ANIMALS ON SHIPS IS NOT YET KNOWN.



AT HIROSHIMA 66,000 DIED, 69,000 WERE INJURED. AT NAGASAKI 39,000 DIED, 25,000 WERE INJURED. THE CHART SHOWS ESTIMATED MORTALITY AT DIFFERENT DISTANCES.



AFTER EXAMINING DAMAGE AT NAGASAKI AND HIROSHIMA, BRITISH EXPERTS ESTIMATED THAT THE ATOMIC BOMB WOULD HAVE THESE EFFECTS ON NORMAL BRITISH HOUSING.

g
n
s
t
o
f
n
s
r
i-
i-
d
h
as
n-
li-
l-
r-
a
at

rs
ns
for
ci-
on
is.
ed
m-
ty
di-

ne
of
on
be-
ed
ed
ost

it
not
in
he
nd
or
rg
e.
to-
to
he

of
wa
rs
is-
to-
of
ns
en
on
on

we
re-
te-
in
es.
let
re-
el
ca
be-
ed

R A P P O R T T I L
F O R S V A R S M I N I S T E R E N

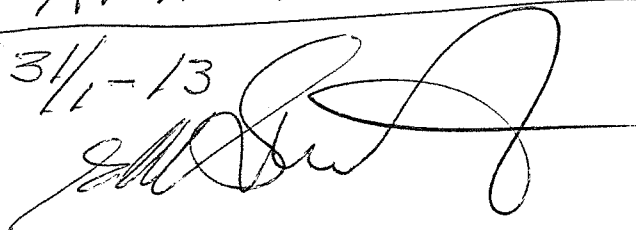
Reise til U.S.A. sommeren 1946 for
studium av amerikansk atomforskning.

Av GUNNAR RANDERS, forskningssjef.
Forsvarets Forskningsinstitutt.
Fysikkavdelingen.

Rapporten bedes betraktet som hemmelig av
hensyn til de navn på amerikanske vitenskaps-
menn som forekommer.

AVGRADERET

3/1-13



ke

m

av

ige

ete,

-

ti

ker-

at

g

lde

;

et

;

et

ison,

er-

ned

anium.

"Bikiniprüvene, sommeren 1946"
utgjör appendixet til rapporten.

rke

1
1

en

3 av

lige

ete,

3-

ai

3

cker-

7

at

ag

ide

3

et

3

et

ison,

er-

r

ned

anium.

R A P P O R T .

1.00. Innledning.

Følgende beretning er en kort oversikt over de institutter og laboratorier som ble besøkt og over problemer som ble diskutert på reisen. En detaljert rapport om de tekniske enkeltheter vil bli gitt separat. Turens hensikt var å få et overblikk over hvilke veier den amerikanske atomforskningen har slått inn på etter krigen og hvilke muligheter det eksisterer for direkte assistanse fra eller samarbeid med vitenskapelige institusjoner i Amerika. Av mere spesielle oppgaver var den viktigste å studere moderne høyvoltsanlegg og samle de opplysninger som er tilgjengelige angående utnyttelse av atomenergi.

- 1.01. Hensikten var også å prøve muligheten for å delta som iakttagere ved atombombeprøvene på Bikini-øygruppen. Dette lyktes ikke av grunner som vil fremgå av rapporten.
- 1.02. Undertegnede ble sendt ut ved beslutning i statsråd 27/5-46. På mesteparten av turen reiste jeg i følge med ingeniør Odd Dahl fra Chr. Michelsens Institutt, Bergen, som sitter i Forsvarets Forskningsinstituts atomutvalg. Ing. Dahl var reist til Amerika for andre formål, men ble anmodet av Forskningsinstituttet om å besøke en rekke laboratorier sammen med meg. Odd Dahls spesielle oppgave var å studere i detalj de typer høyvoltsanlegg som vi måtte finne mest hensiktsmessig for eventuell bygging i Norge.
- 1.03. Hva angår høyvoltsanlegg fikk vi anledning til å besøke og undersøke i detalj praktisk talt alle de som finnes og som er under bygging i Statene på det nåværende tidspunkt. Sikkerhetsbestemmelsene fra krigen var her for det meste opphevet, og hvor de ikke var opphevet var de ikke strengere enn at personlige kontakter kunne skaffe adgang.

1.04. Selve atomkraftprosjektene og atombombearbeidene var om mulig mer omhyggelig hemmeligholdt enn under krigen. Fra høyeste hold (general Groves) ble jeg i en personlig konferanse nektet adgang til noesomhelst i berøring med dette området, selv enkelte steder jeg allerede hadde besøkt før denne konferansen. Det viktigste utbytte angående den tekniske side av atomkraftprosjektet fikk jeg derfor av samtaler med vitenskapsmenn som arbeidet i prosjektet og som ofte hadde et mere moderat syn på hemmeligholdelsen enn de militære.

2.00. Reiseberetning.

Odd Dahl og jeg startet fra Gardemoen tirsdag den 25. juni og ankom til New York onsdag den 26. Det var hensikten å undersøke hos generalsekretær Trygve Lie muligheten for norsk representasjon ved Bikini-forsøkene. Generalsekretæren var imidlertid ute av byen et par dager.

2.01. Vi dro fra New York til Washington hvor det var meningen å planlegge reiserute sammen med dr. Tuve, direktør for Department of Terrestrial Magnetism, i Washington, D.C. Dr. Tuve ble utnevnt til direktør for dette instituttet i år og er en personlig venn som var til stor hjelp for oss. Dr. Tuve var sjef for utviklingen og produksjonen av det såkalte radarbrandrør under krigen (proximity fuze) Utviklingen av radarbrandrøret var vært betegnet som en av de mest fremstående vitenskapelige bedrifter under denne krigen, og var utvilsomt et av de viktigste nye våpen (f.eks. beskyttelse av London Mot V 1).

Dr. Tuve var også en av initiativtagerne til arbeidet med atombomben. Av dr. Tuve fikk vi de opplysninger vi trengte angående de forskjellige institusjoner som for tiden arbeidet med saker av interesse for oss.

2.02. Jeg besøkte Ambassaden i Washington for å undersøke hva som var blitt foretatt i anledning forsvarsministerens henvendelse til militærattasjeen i mars d.å. angående representasjon på Bikini. Det forelå intet skriv om saken i det hele tatt. Jeg bragte senere i erfaring at kommandørkaptein Östbye hadde diskutert med personlige kontakter i Navy Department mulighetene for selv å delta, men ingen skriftlig henvendelse forelå.

2.03. Jeg tok en tur tilbake til New York og hadde en samtale med generalsekreter Trygve Lie den 2. juli. Generalsekretären mente at en offisiell henvendelse fra Ambassaden ville være en mulighet og den eneste mulighet for tillatelse til norsk deltagelse på Bikini.

2.04. Jeg diskuterte spørsmålet med ambassadøren i Washington etter tilbakekomsten dit, og han lovet å sende en skriftlig henvendelse fra Ambassaden til State Department. Jeg måtte forlate Washington noen dager etter og hørte aldri fra Ambassaden angående dette. Jeg kom tilbake til Washington ca. 2 måneder senere. Ambassadøren var da i Norge, men etter hva det fremgikk av Ambassadens arkiver og ifølge ambassadørens sekretær var det aldri blitt sendt noen skriftlig henvendelse. Jeg nevner dette fordi jeg mener det ville vært av betydning å ha gjort en formelt korrekt forespørsel og ha fått et skriftlig svar.

Jeg vil foreslå at det sørges for en korrekt henvendelse i god tid før det siste og viktigste forsøk som foreløpig er fastlagt til mars neste år.

2.05. Dahl og jeg hadde flere diskusjoner med dr. Tuve og dr. Hafstad om forholdet mellom militærvesen og vitenskap i Amerika og i sin almindelighet. Dr. Hafstad er sjef for The Applied Physics Laboratory, som er en underavdeling av Johns Hopkins University, Baltimore. Dette laboratoriet er sentret for videreutvikling av radarbrandrør og for styrbare raketter. Dr. Tuve som selv helt har forlatt enhver kontakt med den militære forskning, er personlig en meget sterk motstander av all forbindelse mellom militær og forskning i fredstid. Denne reaksjonen av en forsker som gav et av de mest verdifulle bidrag til krigsforskningen, var tydeligvis meget grunnet i de tildels unødige restriksjoner som de militære etter krigen fremdeles påtvinger vitenskapen i Amerika. I det hele tatt eksisterer det i Amerika en meget sterk opñion blant en rekke vitenskapsmenn mot vitenskapelig forskning dirigert av militære. Det er dannet to store sammenslutninger av hovedsaklig yngre vitenskapsmenn med det formål å fratvinge de militære innflytelse på vitenskapelig forskning in sin almindelighet. Dette forhindrer ikke at det for tiden nesten ikke eksisterer et universitet eller

en høyskole som ikke arbeider med understøttelse av militær opprinnelse. Imidlertid later det til at den retning som især Navy Department har valgt, nemlig å understøtte spesielle grener av forskningen uten noen særlige restriksjoner, får ganske smertefritt. I motsetning til dette kan stilles Manhattan Project, atombombeprosjektet som fremdeles er helt under militær kontroll og hvor ingen uvedkommende får komme inn og ingen kan snakke om sitt arbeide. De fleste av de mest fremragende fysikere som arbeidet i Manhattan Project under krigen har nu forlatt dette og har gått tilbake til sivile institusjoner.

Denne utviklingen har en viss interesse på grunn av at vi kan trekke en del lærdom av det for vårt eget tilfelle. Også i Norge er det allerede en viss opposisjon mot forbindelsen mellom vitenskap og militærvesen. En unødige streng hemmeligholdelse av arbeidet innen F.F. vil ganske sikkert resultere i vanskeligheter med å skaffe kvalifisert personell og i mangel på velvilje fra andre vitenskapelige institusjoner. Dette gjelder naturligvis hovedsakelig avdelingene for fysikk og kjemi, som jo har tilsvarende avdelinger ved universitet og høyskoler. De øvrige avdelinger er mer teknisk betonet og lager ikke så lett moralske bølger. Det er derfor viktig å sørge for jevnt å publisere arbeidsprogram og resultater i den grad det ikke skader forsvarets interesser.

2.07. Department of Terrestrial Magnetism er en underavdeling av Carnegieinstitusjonen. Odd Dahl arbeidet der i flere år og var en av de drivende krefter i byggingen av den første høyvolts-generator som ble bygget på dette instituttet. Denne generatoren på 1 mill. volt er fremdeles i bruk. Foruten denne har Instituttet i løpet av krigen bygget ferdig en syklotron som er et mønsteranlegg av sitt slag. Dessuten arbeider de nu med en trykkinstallasjon (statisk generator i trykk-kammer) for $4\frac{1}{2}$ mill. volt. Vi tilbragte en del tid med å studere disse anleggene.

2.08. Vi besøkte videre Bureau of Standards, som er en statsinstitusjon. Bureau of Standards er en institusjon for anvendt forskning, men også fundamental forskning foregår i stor utstrekning.

cke
,
n
en
s av
lige
ete,
s-
ai
s
cker-
v
at
ag
ide
g
et
g
et
ison,
er-
r
med
anium.

Höyvoltslaboratoriet her består hovedsaklig av en ny stor installasjon av transformator- likeretter typen. Den er bygget for 1.4 mill. volt og er installert i en ny stor hall for høyvoltsforsøk, som ble ferdig i løpet av krigen. Laboratoriet ble ikke meget benyttet for atomforskning under krigen, da det allerede på et tidlig tidspunkt ble opptatt med arbeider med radar-brandrøret.

- 2.09. Naval Research Laboratory var et rent militært anlagt forskningsinstitutt. Det begrenser seg ikke til undersøkelser angående marine-spørsmål. Ved hjelp av dr. Tuve fikk vi adgang til å besøke laboratoriene. Höyvoltsanlegget bestod av en 20 mill. volt betatron + en liten betatron på 3.5 mill. volt, som var en av de første som noen gang ble laget, og som ble laget av dr. Kerst. Den store betatronen var helt standard type med vannkjøling. Den skal ha kostet omkring 50 000 \$.
- 2.10. Som nevnt foregikk en del av arbeidet med radarbrandrør ved laboratoriet i Bureau of Standards, Naval Research Laboratory var også innblandet i dette prosjektet. Etter krigen var meste- parten av arbeidet flyttet til The Applied Physics Laboratory som før omtalt. I dette laboratoriet var det ingen muligheter for å komme inn til tross for at direktøren, dr. Hafstad, var en personlig venn av oss begge. Dette prosjektet kjenner jeg imidlertid ganske godt opp til 1945 fra mitt eget arbeid under krigen og jeg vil benytte anledningen til å nevne et par ~~xx~~ ord om det.
- Radarbrandrøret er et lite anlegg av sender og mottager i nesen på en granat som kan bringe den til å springe i en vesentlig avstand fra sitt mål uten å komme i direkte kontakt med målet. Erfaringene fra krigen viste med uhyggelig klarhet at antiluftskyts må betraktes som foreldet med de vanlige tidsbrandrør som foreløpig er de eneste som eksisterer for granater i andre land enn USA. England er imidlertid langt på vei i denne utvikling. Grunnen til at vanlig antiluftskyts i det hele tatt var en så viktig faktor som det var, er ikke at det er effektivt til å skyte ned fly. Grunnen er at et kraftig antiluftskyts distraherer, skremmer og forstyrrer et angrep. Procenten av fly som blir skutt ned ved hjelp av vanlig tungt antiluftskyts er så forsvinnende under normale forhold, at det ikke er umaken verd. Imidlertid har det sin verdi ved å hindre bombefly f.eks. i uforstyrret å fullføre den rettlinjete "bombing run" for

kke
,
n

en
s av
lige
hete,
s-
ni
s

kker-
v
at

ag
dde

g
et

g
et

ison,
er-
r

med
unium.

bomben slippes. Hvis fremtidens bombing kommer til å bli automatisk som f.eks. V 1 og V 2 bombing, spiller skremmeeffekten ingen rolle, og man kunne etter min mening tenke på å spare seg omkostningene og bryet med tungt antiluftskyts, hvis dette ikke er utstyrt med radarbrandrør.

I en middag med direktøren for The Applied Physics Laboratory og den engelske liaisonoffiseren for radarbrandrør prosjektet diskuterte vi rent prinsipielt muligheten for at små land kunne få kjøpe radarbrandrør eller simpelthen bli tildelt radarbrandrør for øvelsesbruk fra Amerika. Som vanlig var den almindelige mening at det ville være det fornuftigste både Amerika og England kunne gjøre, men at akkurat for øyeblikket sannsynligheten for at ~~mulighet~~ militære og politikere i Amerika ville gå med på slike arrangementer er svært liten. Hovedvanskeligheten med å bygge radarbrandrør ligger i produksjonen av spesial-radorør som skal være i miniatyrstørrelse og tåle akselerasjoner på 20 til 30 000 ganger tyngdekraften. Norge vil sannsynligvis ikke ha noen muligheter for å fabrikere slike rør. Det er imidlertid mulig at selve rørene eventuelt kunne kjøpes.

2.11. Angående selve atombombe-utviklingen foregikk det intet av teknisk eller vitenskapelig arbeid i Washington. Imidlertid er selve sentralorganisasjonen naturligvis der og en del av vitenskapsfolkene kommer leilighetsvis innom. Jeg diskuterte spørsmål angående atomprosjektet hovedsaklig med dr. Critchfield, som arbeidet ved atombombelaboratoriet i New Mexico under krigen og som fremdeles er tilknyttet Manhattan Project. Det var hans mening at vi i Norge burde kunne greie å bygge en uranstabel. Han fremhevet imidlertid at selve atombomben, selv om man hadde eksplosivstoff, er en uhyre innviklet innretning med en utallig mengde av små mekaniske finesser som ville kreve lang tid og meget arbeide å komme frem til.

2.13. Jeg hadde planlagt å forsøke å oppnå tillatelse hos myndighetene i Washington til å besøke enkelte av atombombefabrikkene rundt i Statene. Imidlertid mente den norske militærattasje at det var vanskelig ikke bare å få tillatelse til det, men i det hele tatt å få anledning til å snakke med de øverste militære eller politiske ledere. Jeg bestemte meg derfor til for sikkerhets skuld å reise en runde først og komme inn på alle de steder jeg kunne oppnå ved personlige kontakter, og ikke risikere at dette

skulle bli forbudt på forhånd. Det var så planen etterpå å se hvor langt en offisiell tillatelse strakk seg. Gjennom dr. Critchfield fikk jeg derfor arrangert at jeg skulle møte general Groves i Washington vel en måned senere. General Groves er sjefen for Manhattan Project og foreløpig den absolutte diktator når det gjelder spørsmål som angår atombombefabrikasjonen.

2.13. Dahl og jeg dro fra Washington til Charlottesville i Virginia i begynnelsen av juli. Ved fysikklaboratoriet i University of Virginia har professorene Beams og Snoddy i flere år arbeidet med forskjellige nye typer høyvoltanlegg. Det mest interessante var en elektrostatisk syklotron, dvs. en syklotron hvor et magnetisk felt erstattes med et elektrostatisk felt. Denne var underbygging. De mente at de skulle ha den igang i september - oktober, og det er meningen at Odd Dahl skal reise innom der i oktober før han kommer tilbake til Norge. De hadde dessuten arbeidet igang med såkalte "resonant cavities", dvs. en metode til å skaffe atompartikler av høy energi ved hjelp av hulrumsvinginger. Laboratoriet drev dessuten forsøk av stor betydning med ultrasentrifuger.

2.14. Etter en kort visitt i Princeton, New Jersey, hvor laboratoriene delvis var lukket for sommeren, dro vi til New Haven, Con., hvor vi besøkte Yale universitetet. Ingenting av særlig interesse for oss foregikk der, men de hadde en liten syklotron og drev ellers med en del lavtemperaturforsøk.

2.15. Neste stopp var M.I.T. (Massachusetts' Institute of Technology) På grunnnav forholdene kom vi først i forbindelse med meteorologi departementet, hvor det ble arbeidet med nye planer og metoder til å varsle regn ved supersonore bølger, en slags Asdic-metode i luft. Videre holdt de på med å fortsette arbeidet fra krigen med radar-triangulering av elektriske forhold i ~~luften~~ atmosfære og av beliggenheten av uvær.

2.16. Høyvoltlaboratoriet ved M. I. T. er særlig kjent for sitt arbeid med byggingen av trykktankgeneratorer. Disse kan bygges ganske små og lett håndterbare ved hjelp av metoder som er utviklet av lederen, dr. Trump og hans medarbeidere.

Vi studerte disse anleggene og fikk løfte på tegninger av alle detaljer. Et slikt anlegg har en viss interesse for Norge. Den

største som fantes for øyeblikket var en 3 mill. volt generator. En ny 5-7 mill. volt trykktank ble nettopp montert i et nytt laboratorium.

- 2.17. Vi besøkte Harvard universitetet for å se den såkalte I.B.M. masskin (International Business Machine), som er en regnemaskin av en ny type. Den er ^{en} ganske komplisert affære, 17 m lang og 3 m høy, som kan foreta alle mulige matematiske operasjoner med en utrolig hastighet og med 23 desimaler. Den kan tabulere funksjoner, beregne integraler, løse differensialligninger, løse lineære algebraiske ligninger, gjøre harmoniske analyser og statistiske beregninger. En addisjon tar 0,3 sekunder. En divisjon (av 2 tall på 23 siffer) ca 6 sekunder. Maskinen hadde kostet ca. 225 000 \$. Vi besøkte også den nye regnemaskinen ved M.I.T. som er en utvikling av den som finnes på Astrofysisk Institutt, Oslo.

- 2.18. Fra Boston gikk turen til Chicago. Universitetet i Chicago har under hele krigen vært sentret for den teoretiske ^{atom-}forskningen. I slutten av 1941 ble det såkalte Metallurgiske Laboratorium som skulle undersøke mulighetene for en kjedereaksjon i uran, installert der. Etterhånden ble flere av bygningene opp-tatt av atomforskningen og noen nye bygninger bygget. Den første kjedereaksjon som produserte atomenergi, lyktes julen 1942. Lederen ^{var} ~~ble~~ professor Fermi, som fremdeles arbeider ved universitetet.

Universitetet har nu stor planer om opprettelse av et kjernefysikalsk institutt. Hva personellet angår, er instituttet allerede i gang forsåvidt som en lang rekke atomforskere er ansatt. Det samme gjelder utstyret som er under bygging eller under planleggelse. Det er meningen å bygge en betatron for 100 mill. volt. Denne er bestilt hos General Electric og skal leveres om ca. et år. Prisen er 350 000 dollars. Syklotronen som ble bygget under krigen er under re-parasjon og ombygging. Endelig finnes det en liten elektrostatisk generator på ca. 0.4 mill. volt. For det nye kjerneinstituttet planlegges en synkrotron.

- 2.19. Foruten universitetet i Chicago og det nye kjernefysikalske institutt driver den samme gruppen av forskere også det såkalte Argonnelaboratoriet utenfor Chicago. Argonne Laboratory hører

kke
,
n

en
s av
lige
hete,
s-
ni
s

kker-
v
at

ag

ide

3
et

3
et

ison,

er-

.

ied

mium.

under Manhattan Project, og direktøren der, dr. Zinn, turde ikke slippe oss inn i laboratoriene uten tillatelse fra Washington, dvs. general Groves. I Argonne Laboratory drives forsøk med en noenlunde stor eksperimentell uranstabel. Stabelen kjøres fra morgen til kveld hver eneste dag, og forskerne arbeider med den i skift og skaffer seg eksperimentelle data. Det er tydeligvis av betydning for stabelen at temperaturen var noenlunde lav. Kjølige dager ble regnet som gode arbeidsdager med stabelen, mens de hete, fuktige sommerdager tydeligvis var mindre ettertraktet. Vi diskuterte problemer angående uranstabelen med dr. Zinn, dr. Fermi og dr. Marshall som arbeidet ved Argonne Laboratory. Til tross for en nokså gjennomført forsiktighet hos fysikerne, får man alltid en del opplysninger gjennom diskusjoner. De strenge sikkerhetsreglene som nu er vedtatt i Amerika, har som følge at selv ting som er deklassifisert sjelden blir publisert på grunn av at folk ikke vil ta det bryderiet å forsikre seg om hva som er deklassifisert og hva ikke, og derfor like godt lar være å publisere eller snakke om ting i det hele tatt for å være på den sikre siden. Fermi hadde imidlertid i anledning et foredrag han holdt på en konferanse, fått frigjort en del materiale angående uranstabelen. En annen fysiker, dr. Christie, som hadde arbeidet med en annen type urankraftmaskin, kunne også gi en del opplysninger angående denne. Den er laget av en oppløsning uransulfat i vann. Hverken grafitt eller tungt vann er benyttet i dette apparat. Uranen var imidlertid rikere på den sjeldne isotop U 235 enn annen naturlig uran. Apparatet kunne forøvrig gjøres mindre om man hadde tungt vann til oppløsningen i stedet for vanlig vann.

- 2.20. Direktøren for det nye kjernefysiske laboratorium, dr. Allison, hadde ingenting imot å ta imot norske forskere som var interessert i å arbeide en tid ved instituttet. Foreløpig er imidlertid alt på et så forberedende stadium at det sannsynligvis har liten hensikt å sende noen dit ennå.

Professor Zachariasen som er sjef for fysikkavdelingen ved universitetet, skaffet oss en lang rekke nyttige data og opplysninger. Zachariasen har selv arbeidet i Manhattan Project med de kjemiske egenskaper av de nye elementene plutonium og neptunium.

- 2.21. Neste stoppested av betydning var University of Wisconsin i Madison. Professor Herb har her bygget en trykktankgenerator for vel 3 mill. volt. Det som særpreger denne generatoren fremfor andre er at den er plasert horisontalt, slik at den kan anvendes i en vanlig laboratoriehall og ikke trenger noen spesiell takhøyde. Vi tilbragte en del tid i hans laboratorium og hadde etterpå en diskusjon med dr. Breit som er universitetets teoretiske kjernefysiker.
- 2.22. Etter besøket i Madison skiltes Odd Dahl og jeg for en tid, idet Odd Dahl skulle ha en ukes ferie. Jeg reiste tilbake til Chicago, hvor jeg ønsket å få flere av detaljene angående spørsmål vi hadde diskutert der tidligere. Jeg tilbragte endel tid med professot Urey (oppdageren av det tunge vannet) som nettopp var kommet tilbake fra det siste Bikiniforsøket. Professor Urey har helt siden den første atombomben vært en av de ledende i arbeidet for å sikre kontroll av atomkraften. Etter forsøket var han mer overbevist enn før om at det var en absolutt nødvendighet for sivilisasjonen å komme til en eller annen effektiv internasjonal organisasjon.
- Han mente at amerikanernes plan (Baruch-planen) burde være et sundt grunnlag og hadde en mistanke om at russernes motforslag ikke var særlig ærlig ment. Han gjorde hentydninger som så mange andre til at man fikk bruke makt om det skulle være helt umulig å få opprettet en internasjonal organisasjon ved overenskomst. Bikini-forsøkene og deres resultater skal vi komme tilbake til senere. Han beklaget seg over at amerikanske vitenskapsmenn hadde vanskeligheter med å få de små mengder tungt vann som trenges i ethvert kjernefysikalsk laboratorium. Grunnen var ikke at det ikke ble produsert i Amerika, for Amerika har på detnuværende tidspunkt tydeligvis en produksjon som tilfredsstiller deres egne krav. Men saken er at Manhattan Project kontrollerer hele produksjonen. Den samme bekymring over mangelen på små mengder tungt vann til vitenskapelig arbeid møtte jeg på flere forskjellige steder.
- 2.23. Odd Dahl og jeg møttes igjen i Minneapolis og dro derfra ut til Stillehavskysten for å besøke professor Lawrence's laboratorium i Berkeley universitetet utenfor San Fransisco. Vi var blitt

blitt advart i Chicago om at vi sannsynligvis ikke ville slippe inn i det såkalte Radiation Laboratory, hvor Lawrence driver sine nybygginger og eksperimenter; siden dette fremdeles har forbindelse med Manhattan Project. Vi hadde imidlertid gjort enkelte forberedelser og henvendelser på forhånd og fikk utlevert pass øyeblikkelig da vi ankom til universitetet. Vi ble tatt rundt i laboratoriet og vist alle nybygginger og deres muligheter og fordeler av de forskjellige spesialistene, især dr. Alvarez og dr. MacMillan. Dette laboratoriet var tydeligvis det mest travle stedet av alle de vi besøkte. Massevis av forskjellige prosjekter var igang på samme tid og det var øyensynlig ingen mangel på økonomisk støtte. Travelheten kom også oss til gode, for etter en stund var det ingen som hadde tid til å ta seg av oss lenger, og vi kunne i ro og mak bevege oss omkring i alle kroker i de forskjellige bygninger, hvilket vi også gjorde. Lawrence's kjempesyklotron var under oppsetning i den stor hallen, hvor den ble påbegynt før krigen. Under krigen ble de første store massespektrografene til adskillelse av isotopen U 235 i atombomben satt opp i denne hallen. Disse spektrografene fyllte fremdeles opp halve hallen, men var ikke i bruk.

De største forhåpninger satte man her til den såkalte lineære akselerator, som er basert på en ny metode til å akselerere atompartikler. I den lineære akseleratøren lar man partiklene så å si ride på fronten av en elektromagnetisk bølge. På denne måten mente dr. Alvarez å kunne oppnå en mill. volt pr. fot av den lineære akseleratorens lengde. Han mente han kunne komme opp i 1 000 mill. volt, men da måtte han ha en akselerator på 300 m lengde. Bare ett ledd av akseleratoren var ferdig og i virksomhet. Dette leddet var ca. 3 fot langt og frembragte ca. 3 mill. volt. En slik lineær akselerator kan ikke akselerere partiklene opp fra ingenting, men må begynne på et punkt hvor partiklene allerede har noen få millioners volts energi. For å oppnå dette, var det installert en horisontal trykktankgenerator som leverte de første 3-4 mill. volt.

MacMillan setter også store forhåpninger til det nye apparat, synkrotronen, som er en blanding av syklotron og synkrotronen. Man hadde også gjort forsøk med en frekvensmodulert syklotron. Laboratoriet i Berkley inneholdt i det hele tatt så meget at det var klart at det ville ta flere uker å sette seg ordentlig

inn i de forskjellige prosjektene. Vi ble derfor enige om at Odd Dahl skulle reise tilbake dit et par uker senere, etter at jeg var vendt tilbake østover.

- 2.24. Fra San Fransisco dro vi sydover til Pasadena. I Pasadena ligger California Institute of Technology, Caltech, hvor professorene Lauritzen og Fowler driver et høyvoltslaboratorium. Selve laboratoriet hadde ingenting av særlig interesse som vi ikke allerede kjente. Med dr. Fowler hadde vi imidlertid flere meget nyttige diskusjoner om bygging av uranstabler, spesielt typen med vann og uransulfat.
- 2.25. I Pasadena skiltes Odd Dahl og jeg for godt. Dahl skulle videre sydover til La Jolla, hvor han skulle utføre noen arbeider sammen med professor Sverdrup for det amerikanske War Department. Jeg dro østover til Washington for å treffe general Groves og undersøke muligheten for et besøk i plutoniumfabrikkene i Hanford og separasjonsanleggene i Tennessee.
- 2.26. Jeg fikk en avtale til bare et par dager etter min ankomst til Washington. I mellomtiden gjorde jeg en runde i Navy Department for å prøve å skaffe rapporten fra Bikini-forsøkene og fotografier og film fra forsøkene. Rapporten var ikke skrevet ennå, og ville dessuten være strengt hemmelig til å begynne med. Fotografier var de villige til å overlate meg, men filmen fra forsøkene var ikke frigitt. Den eneste mulighet var å søke gjennom militærattasjeen. Den russiske ambassade hadde allerede forlenget innlevert sitt "krav". Jeg armodet kommandørkaptein Östbye om å sørge for at det ble sendt en skriftlig søknad om at det skulle bli tilstillet den norske Ambassade en kopi av filmen. Det er mulig at det bør purres.
- 2.27. Mötet med general Groves foregikk i War Department's nye bygning. Generalen var velvillig og absolutt negativ til et hvert forslag og enhver forespörsel. Da det var fort gjort å få nei på alle mine forespörsler, gikk diskusjonen snart over til almindelige politiske problemer. Generalen spurte naturligvis hva min hensikt var med å reise rundt i Amerika, og jeg fortalte ham som sant var at hensikten var å gjøre studier

for med tiden å bygge høyvoltsanlegg i Norge og for å bygge en eksperimentell uranstabel, forutsatt at vi kan få fatt i råmaterialene. Han var tydeligvis interessert i å få opplysninger angående vårt tungtvannsproduksjon. Han uttalte nemlig meget bestemt at Norge har ikke en tilstrekkelig produksjon av tungt vann til å bygge en uranstabel med tungt vann som moderator. Denne bemerkningen var tydeligvis gjort for å få meg til å fortelle hvor meget vi produserer, for både han og jeg vet at den norske produksjonen er tilstrekkelig. Han ville imidlertid ikke ut med hvor meget amerikanerne produserer, og jeg ville ikke fortelle hva nordmennene produserer, så diskusjonen om dette emne stoppet.

Jeg spurte om det ville lette sikkerhetsforholdene i Amerika om et europeisk land kunne fremvise en uranstabel i arbeide. Til dette bemerket generalen at han tvilte på om noe annet land enn England ville lage en uranstabel innenrimelig fremtid. Han unntok imidlertid Russland, som han ikke ville uttale annet om enn at de opprinnelig hadde slått inn på gal vei. Jeg nevnte Frankrike, men Groves bare blåste foraktlig og mente at franskmennene visste ingenting. Det bør bemerkes at general Groves selv tydeligvis ikke er noen spesialist på atømforskning eller teknikk og er helt opptatt av det organisatoriske apparat som han har bygget opp i løpet av krigen for atombombeprosjektet.

Denne organisasjon er av så kolossale dimensjoner at Groves gjerne kan være imponert og stolt av den. Det virket imidlertid på meg som generalen av denne grunn identifiserte hele spørsmålet om atomkraft med Manhattan Project og organisasjonen, og var av den mening at en lignende kjempeorganisasjon måtte til for å utrette noe som helst i atomkraftspørsmålet. Det er imidlertid ikke korrekt, noe som alle de vitenskapsmenn jeg snakket med, bekreftet. De største fabrikanleggene i Oak Ridge i Tennessee ville man sannsynligvis kunne ha sløffet helt og holdent om man hadde visst utviklingen før man startet. Ved disse anleggene foregår hovedsaklig adskillelse av uranisotopene. Man kunne ha basert seg bare på konstruksjon av en plutoniumsbombe og ha sløffet det kjempemessige arbeidet med adskillelse av uranisotopene. Man ville da ha bygget anlegg med store uranstabler i likhet med anleggene i Hanford i staten Washington. Selv disse

anleggene kunne ha vært betraktelig redusert idet de største bygningene man ser på fotografiene var ment for vannrensningsanlegg, som imidlertid aldri ble brukt fordi det ble funnet overflødig. Dessuten er aldri mer enn tre av de fem anleggene virkelig satt i drift. Det er liten tvil om at amerikanerne på det nuværende tidspunkt kunne ha gjennomført foretaket med produksjon av en atombombe for tiendeparten av hva det kostet.

General Groves anso at man måtte anvende 100 mill. dollars om året i fem år for å utrette noe av betydning. Jeg er overbevist om at dette er en overdrivelse, iallfall etter europeiske forhold. Generalen fremholdt at hvis vi gjorde noe av betydning angående atomkraften i Norge og Sverige, ville Russland ~~ikk~~kupere oss. Forøvrig syntes han som nevnt nokså overbevist om at ingen kunne gjøre hva amerikanerne har gjort. Han understreket de store ingeniørmessige vanskeligheter og spørsmålene om å tilveiebringe materialer, deler, rør etc. Angående hemmeligholdelsen var han av den mening at det ikke var noe særlig alvorlig problem, idet opplysninger etter hans mening ble frigitt ^{og} hurtigere enn en almindelig mann kunne klare å assimilere dem.

2.28. Etter visitten hos general Groves hadde jeg et par diskusjoner med professor Gamow, som var kommet tilbake fra den annen Bikini-prøven. Dessuten hadde jeg samtaler med dr. Higinbothan, lederen for The Federation of American Scientist, opprettet etter og på grunn av atombomben. Hr. Higinbothan var meget radikal i spørsmålet om kontroll av atomenergien og når det gjaldt å utelukke de militære fra noensomhelst innflytelse på problemet. Han var derfor meget fornøyet over at Kongressen hadde vedtatt forslaget om sivil kommisjon for den nasjonale kontroll. Det hadde i flere måneder foregått en skarp tautrekking i dette spørsmålet, og det så ut til at kommisjonen ville bli halvt militær og halvt sivil. I siste øyeblikk forandret opinionen seg øyensynlig, så det endte med en ren sivil kommisjon som ennå ikke var utpekt.

2.29. Jeg foretok en tredje visitt til Chicago for å innhente noen flere detaljerte opplysninger og avla deretter en visitt i Princeton. Ved Princeton universitetet var alt tilbake til

fredelige forhold. Jeg hadde en del diskusjoner med professor Ladenburg om eksplosjoner og sjokkbølger fra disse. Ladenburg arbeidet med slike spørsmål ved Aberdeen Proving Ground under krigen. Han hadde intet å gjøre med Manhattan Project, så vi kunne begge fritt og med vår beste vilje prøve å finne ut ukjente detaljer i uranstabelteknikken, Ladenburg uten at han behøvet å være engstelig for å miste sitt hode. I det hele tatt var det ganske interessant å se hvordan i mange tilfeller man fikk mer ut av diskusjoner med vitenskapsmenn som ikke hadde deltatt i prosjektet, på grunn av deres friere stilling og større interesse for å finne ut løsninger for seg selv.

- 2.30. Etter en kort visitt ved Columbia universitetet i New York vendte jeg tilbake til Norge, hvor jeg ankom den 16. september.
-

APPENDIX.

Bikini-prøvene sommeren 1946.

3.00 Bikini-prøvene.

Den første atombombepróven ble holdt i Bikini-lagunen den 1. juli. Samtidig ble de offisielle rapporter om skadene i Hiroshima og Nagasaki publisert av The U. S. Strategic Bombing Survey. Begge deler øket vårt kjennskap til atombomben og dens virkninger. Noen fullstendig rapport om Bikini-forsøkene foreligger ennå ikke og kommer sannsynligvis ikke til å bli publisert med det første. Imidlertid har den såkalte Joint Chiefs of Staff's Evaluation Board gitt en foreløpig rapport til presidenten. Formannen for The Evaluation Board var dr. Carl T. Compton. Jeg skal i korthet referere enkelte av komiteens resultater.

3.01 Bomben eksploderte nøyaktig i den planlagte høyde som var et par hundre meter. Av uventede grunner (visstnok en ballistisk feil) eksploderte den 700 m vest for målet. De viktigste virkningene var de følgende:

- a) 1 destroyer og transportskip senket øyeblikkelig, en annen destroyer veltet og sank senere. Den japanske krysser Sakawa sank dagen etter. Overbygningen på undervannsbåten Skate var så ødelagt at fartøyet ikke kunne brukes. Det lette hangarskip Independence var alvorlig skadet av eksplosjonen, tildels avsvidd og skadet av indre eksplosjoner, bl.a. av dens egne torpedoer. Alle disse skipene var innenfor 800 meter fra sentret under eksplosjonen.
- b) Det oppstod flere brander på andre skip, bl.a. ett som var over 3 km borte. Dette var imidlertid en unntagelse på denne avstanden. Grunnen var muligens at en hel del prøvematerialer var plassert på dekket, som under vanlige forhold ikke ville finnes på et slikt utsatt sted.
- c) Det eneste store slagskip som var innenfor 1 km fra eksplosjons-sentret var slagskipene Nevada og Arkansas, og den tunge krysseren

Pensacola. Tilsynelatende var det gjort liten skade på disse skipenes skrog og hovedtårnene, men overbygningen var alvorlig skadet og skipene var avgjort satt ut av funksjon og ville krevet langvarige reparasjoner ved en stor marinestasjon. Det samme gjelder en hel rekke mindre skip innen 1 - 1½ km avstand.

d) Utenfor denne avstand (1 - 1½ km) var det relativt liten skade.

e) Den viktigste materielle skade skyltes trykkvirkningen, som trykket inn dekk og skott og høyet og deformerte alle lettere konstruerte gjenstander, f.eks. master og antenner. Sekundære virkninger skyltes brand, som herjet ukontrollert siden det ikke fantes personell ombord. Det fremholdes derfor at skaden på grunn av brand kanskje var større enn den vil være under normale forhold. Adskillige mengder av eksplosiver som fantes på dekk og i kanontårnene var fremdeles ueksplodert på de fleste skip som fremdeles flöt.

f) Undersøkelser viste at forbrenning på grunn av heten fra eksplosjonen ville ha forårsaket svære tap av menneskeliv blant personell på dekket. Imidlertid mener komiteen at personer som eventuelt befant seg inni skipet eller i skyggen ikke ville blitt drept øyeblikkelig. Hva som ville hendt med dem på grunn av den radioaktive strålingens virkninger etterpå er et annet spørsmål.

g) Innenfor det område hvor eksplosjonen gjorde materiell skade av betydning ville sannsynligvis personellet ombord i skipene fått dødelige doser av radioaktiv stråling.

3.02 Den almindelige opinion over hele verden etter den første Bikini-prøven var tydeligvis preget av skuffelse, hvis man kan kalle det det, over at virkningene ikke var værre. Denne opinionen var utvilsomt delvis skapt ved overdreven propaganda i avisene og delvis ved at folk hele verden over som satt og lyttet til eksperimentet i radioen ikke var imponert over smellet. Ingen av disse to fenomener har noe med selve forsøkets virkelige resultater å gjøre. I virkeligheten gav bomben resultater som meget nær svarte til spesialistenes forventninger. Intensiteten var ifølge Evaluation Board like stor som intensiteten av den kraftigste av de tidligere tre, nemlig den i Nagasaki. En må huske på at en vanlig bombe

praktisk talt aldri senker et skip unntagen hvis det er en spesielt heldig fulltreffer. Den første Bikini-bomben senket fem skip, krysseren Sakawa, transportskipene Gilliam, Carlisle, destroyerne Anderson og Lamson og skadet alvorlig 9 skip inkluderende 2 slagskip, 2 kryssere og et hangarskip og fremkalte mer eller mindre alvorlige skader på 45 andre skip.

- 3.03 Den neste Bikini-prøven, den 25. juli var den første undervannsekspløsjon av en atombombe. Hensikten var å etterligne et atombombeangrep mot en flåte i havn. Få av havnene i verden er mer enn 30 m dype. Bikini-lagunen var omkring 60 m dyp. Bomben ble detonert noe slikt som 8 - 9 m under overflaten. Denne dybden er ubetydelig når man tar hensyn til bombens kolossale eksplosive kraft. Det er derfor ikke en virkelig undervannsekspløsjon, idet selve eksplosjonen meget fort vil trenge forbi overflaten og ut i luften.
- 3.04 De samme skipene som var blitt brukt i den første prøven, ble brukt ved den andre, undtagen naturligvis de som var sunket etter den første bomben, + 2 nye destroyere og en del landingsfartøyer på stranden av Bikini, 87 fartøyer i alt. Den andre prøven senket tre store skip og skadet alvorlig 11 andre. De tre som ble senket var tunge slagskip, nemlig Arkansas, Saratoga og Nagato. Forsøkene viste at virkningen var mer lokalisert enn enkelte hadde ventet, men var ikke meget forskjellig fra hva de^t var blitt forutsagt av spesialistene. Vannsøylen i den andre prøven var kortere enn ventet, men til gjengjeld meget bredere. Den var $1\frac{1}{2}$ km høy og nesten 5 km bred.
- 3.05 Mens luftekspløsjonen hovedsaklig skadet skipene i overbygningen, gikk mesteparten av skadene ved undervannsekspløsjonene utover skroget. Som et almindelig resultat av begge prøvene kan en si at en atombombe enten den er detonert i luften eller like under vannflaten, vil senke et hvilket som helst skip innenfor ~~800 til 1000 m~~ en radius av 500 m, alvorlig skade ethvert skip innenfor 800 til 1 000 m. Radioaktiv skade på mennesker vil være alvorlig på alle skip innenfor 6 km fra eksplosjonen. En eksplosjon under vannflaten synes å være farligere angrepsmetode både mot skip og mannskap enn en luftekspløsjon
- Forsøkene benyttet som nevnt omkring 90 prøveskip og 169 andre

hjelpeskip av alle typer. Flåten var benamnet med 42 000 mann. Forsøkene var anslått til å koste omkring 100 mill. dollars.

- 3.06 Ved hjelp av rapportene fra Nagasaki og Hiroshima + de foreløpige rapporter fra Bikini kan man gjøre et grovt overslag over atombombens virkninger i forskjellige avstander fra eksplosjonen. En slik oversikt er fremstillet i nedenstående diagram.

Bikini-prøvene viste såvel bombens begrensning som dens kraft. Det er blitt klart at virkningen er ikke katastrofal på den måten at hele kontinenter forsvinner eller tilintetgjøres. Det var naturligvis heller ikke ventet. Den er imidlertid ganske andreledes effektiv enn noe annet kjent våpen. En bombe forårsaket 6 000 dødsfall pr. km² i Hiroshima. En annen bombe forårsaket 8 000 dødsfall pr. km² i Nagasaki. I Tokyo hvor 40 km² av byen ble ødelagt i en brand etter bombing av 279 fly som slapp 1667 tonn brandbomber, var resultatet bare 2 000 dødsfall pr. km². Hvis man skulle brukt almindelige eksplosiv- og brandbomber for å volde tilsvarende skade som en atombombe gjorde i Nagasaki, måtte man ha sendt 270 B 29 bombere over, hver med last på 10 tonn.

- 3.07 Den offisielle rapporten fra Hiroshima og Nagasaki bemerker at det ikke er umulig å bygge beskyttelsesrum mot atombomben. Almindelige solide tilfluktsrum vil vanligvis beskytte mot alt undtagen et direkte treff. Ved å bruke jordskjelvsikre konstruksjoner og tilstrekkelig tykke betongvegger, er det mulig ifølge rapporten å bygge bygninger som vil beskytte det som finnes inni temmelig effektivt for avstander mere enn 700 m fra eksplosjonen. Dette gjelder naturligvis bare atombomber av den typen som er brukt hittil.
- 3.08 Bikini-prøvene viste også at en lufteksplosjon eller en grunn undervannseksplisjon ikke vil ødelegge en hel flåte, hvis denne ligger noenlunde spredt som den vanligvis gjør under normale forhold. Spredning av skipene i en flåtehavn er en av de forholdsregler som forsøkene tydelig viser mot. Videre er det klart at overbygningen på krigsskip må forandres radikalt og det må finnes metoder som beskytter sårbare ting som radarutstyr f.eks. En eller annen metode til å beskytte mannskap mot stråling må også finnes. Betonghud i skipene har vært nevnt. Likeledes kan forholdsregler som spesielle drakter og beskyttelsessalver iallfall redusere så meget som mulig virkningen av strålingen.
- 3.09 En ting man skal være oppmerksom på, er at man alt for ofte fester seg ved den begrensede effekten av en enkelt bombe. Det er klart at hvis fienden virkelig ønsker å utrydde en flåtehavn, vil han bruke det antall bomber som er nødvendig. Vanligvis vil

det ikke være svært mange. Det samme gjelder angrep mot byer. Man bør ikke tröste seg med den dårlige kvaliteten av bygningene i Japan. Den amerikanske rapporten sier at det overveldende antall av bygninger i en almindelig amerikansk by vil være ute av stand til å stå for en atombombeekspløsjon over 2 km borte.

3.10 Den tredje atombombepröven har større interesse enn de tidligere på grunn av at ekspløsjonen på dypt vann vil foregå under helt andre forhold enn noen av de tidligere. Det er sannsynlig at den største virkningen vil komme fra en sånn ekspløsjon. En flåte kan naturligvis beskytte seg mot en dypvannsekspløsjon ved å ha base på grunt vann, men man må gå ut fra at en flåte för eller senere må ut på dypet.