

FFI RAPPORT

PAKISTANS KJERNEVÅPENPROGRAM

TOFT Heidi Kristine

FFI/RAPPORT-2004/00113

PAKISTANS KJERNEVÅPENPROGRAM

TOFT Heidi Kristine

FFI/RAPPORT-2004/00113

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2004/00113	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 70
1a) PROJECT REFERENCE FFI-V/859/139	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE PAKISTANS KJERNEVÅPENPROGRAM PAKISTAN'S NUCLEAR WEAPONS PROGRAMME		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) TOFT Heidi Kristine		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH:		
a) <u>Nuclear weapons</u>		IN NORWEGIAN:
b) <u>Pakistan</u>		a) <u>Kjernevåpen</u>
c) <u>Uranium</u>		b) <u>Pakistan</u>
d) <u>Non-proliferation</u>		c) <u>Uran</u>
e) _____		d) <u>Ikke-spredning</u>
		e) <u>Atomvåpen</u>
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT Pakistan is believed to have acquired its nuclear force by extensive import, smuggling, espionage and alleged assistance from China. The most important incident is presumed to be the espionage on enrichment centrifuge designs in Western Europe. Pakistan is in possession of functional fission weapons based on uranium, and may have fission weapons based on plutonium and/or boosted fission weapons. Irradiation of lithium-6 to tritium has long been possible in the safeguarded research reactor PARR-1. The interest in tritium (which is necessary for boosting) was apparent a long time ago. The enrichment facility in Kahuta is generally thought to produce 80 – 140 kg of weapon-grade uranium per year. In 1998 Pakistan started its first and only non-safeguarded heavy water reactor, Khushab. This makes it possible to produce spent fuel rods with weapon-grade plutonium. Apparently, the reprocessing capacity New Labs is large enough to handle it all. As of the end of 2004, Pakistan is estimated to be in possession of 990 – 1700 kg of weapon-grade uranium and 40 – 80 kg of weapon-grade plutonium, enough for 55 – 90 nuclear weapons. Pakistan has a “first use” policy permitting a nuclear response to a conventional attack. This may be explained by the state’s military inferiority to India in conventional war. Pakistan has several means for nuclear delivery that should cover the entire India (the missiles Ghauri II and Shaheen II). In February 2004, it was confirmed that Dr Khan (the “father of the Pakistani nuclear bomb”) admitted to the selling of nuclear weapons related technology to three countries (Iran, North Korea and Libya).		
9) DATE 7. mai 2004	AUTHORIZED BY This page only Bjarne Haugstad	POSITION Director of Research

FORORD

Denne rapporten er én av flere selvstendige FFI-rapporter i et større studium av kjernevåpenprogrammene i India og Pakistan. I denne tar vi for oss Pakistan.

Interesserte lesere henvises til også de andre FFI-rapportene:

- *Indias kjernevåpenprogram* (1);
- *De kjernefysiske prøvesprengningene i India og Pakistan (1974 og 1998)* (2);
- *India og Pakistan – Historiske, politiske og tekniske perspektiver på kjernevåpenkonflikten* (3).

Disse fire dyptpløyende rapportene oppsummeres i én sammendragsrapport:

- *En vurdering av Indias og Pakistans kjernevåpenprogrammer* (4).

Arbeidene er basert på åpne kilder.

Denne rapporten ble ferdigskrevet i januar 2004, men spesielt kapittel 6 ble oppdatert igjen i mai 2004. Av ulike årsaker utenfor forfatterens kontroll har utgivelse blitt forsinket.

Kjeller, desember 2004

Heidi Toft

INNHold

	Side	
1	INNLEDNING	9
2	HVORDAN KJERNEVÅPENPROGRAMMET HAR OPPSTÅTT OG UTVIKLET SEG	10
2.1	Oppstart av fredelig, kjernefysisk program (1956 – 1971)	11
2.2	Utvikling av kjernefysiske våpen (fra 1972)	12
2.2.1	Avbrutt forsøk på plutoniumsveien (1970- og 1980-tallet)	13
2.2.2	Uranveien etter spionasje mot Vest-Europa (fra 1975)	15
2.2.3	Utvikling av en kjernefysisk ladning	18
2.3	Pakistan som kjernevåpenstat (siden slutten av 1980-tallet)	20
2.3.1	Når hadde Pakistan kjernevåpen?	20
2.3.2	Stadige forbedringer	21
2.3.3	Prøvesprengninger i 1998	22
2.3.4	Kontroll	23
3	DAGENS KJERNEFYSISKE INFRASTRUKTUR OG RESULTERENDE VÅPENPRODUKSJON	23
3.1	Anlegg for produksjon av våpenuran	25
3.2	Anlegg for produksjon av våpenplutonium	26
3.2.1	Brenselsfabrikasjon og tungtvannsproduksjon	26
3.2.2	Ikke-overvåket, tungtvannsmoderert reaktor	27
3.2.3	Gjenvinning av plutonium	28
3.3	Overvåkede kjernereaktorer	29
3.3.1	Kraftreaktorer	29
3.3.2	Forskningsreaktorer	31
3.4	Tritium	32
3.5	Skjematisk oversikt over påstått kinesisk assistanse	34
4	BEREGNINGER AV MULIG PRODUKSJON OG FORRÅD AV FISSILT MATERIALE	34
4.1	Våpenuran	34
4.2	Våpenplutonium	38
4.3	Oppsummering	39
5	MILITÆR KJERNEFYSISK SLAGKRAFT	39
5.1	Antallet kjernefysiske stridshoder	40
5.2	Leveringsmidler	40
5.2.1	Fly	40
5.2.2	Ballistiske missiler	41
5.3	Antatt bruksvilje	42

6	SPREDNING AV KJERNEVÅPENRELATERT TEKNOLOGI FRA PAKISTAN	44
6.1	Den overførte teknologien	45
6.2	Spredning til Iran, Nord-Korea og Libya	46
6.3	Konsekvenser	47
7	OPPSUMMERING OG KOMMENTARER	49
A	TEKNISK GRUNNLAG FOR KJERNEFYSISKE VÅPEN	53
A.1	Introduksjon og hovedtrekk for bygging av kjernefysiske ladninger	53
A.2	Å lage fissilt materiale	55
A.2.1	Uranveien	55
A.2.2	Plutoniumsveien	56
A.3	Reaktorer	57
A.4	Design av kjernefysiske ladninger (fysikkpakker)	59
A.5	Mengde fissilt materiale i hver fisjonsladning	62
A.6	Utvikling av kjernefysiske stridshoder og våpen	63
B	FORKORTELSER OG BENEVNELSER	63
	Litteratur	65

PAKISTANS KJERNEVÅPENPROGRAM

1 INNLEDNING

Pakistans kjernevåpenprogram har vært motivert av ønsket om å ha en troverdig avskrekker overfor erkefienden India, som først utviklet kjernevåpen. Pakistan har trolig hatt denne typen våpen siden ca 1989-1990. Programmet er i relativt stor grad bygd opp ved hjelp av utenlandsk teknologi, enten på lovlig eller ulovlig vis.

I mai 1998 prøvesprengte Pakistan for første gang – kort tid etter India. Prøvesprengningene ledet Pakistan til å innrømme besittelse av kjernevåpen og å erklære seg som kjernevåpenstat. Erklæringen har aldri blitt akseptert av verdenssamfunnet, men tvert imot blitt avvist av Tilsynskonferansen til Ikke-spredningsavtalen¹ i år 2000 (5). Derfor er staten en offisiell, men ikke anerkjent, kjernevåpenstat. (Det samme gjelder India.)

Pakistan er ikke part i Ikke-spredningsavtalen. Derfor er en del av de kjernefysiske relaterte anleggene uten internasjonal overvåkning. Videre er utvikling av egne kjernefysiske ladninger ikke folkerettslig ulovlig.

Formålet med denne rapporten er å presentere Pakistans kjernevåpenprogram. Vår målsetning har vært å gi en helhetlig og grundig teknisk vurdering. Vi tar for oss hvordan Pakistan har gått frem i kjernevåpenutviklingen (kapittel 2), dagens kjernefysiske infrastruktur og resulterende våpenproduksjon (kapittel 3), beregninger på produksjon og forråd av fissilt materiale (kapittel 4), vurdering av leveringsmidler og bruksvilje (kapittel 5), samt spredningsskandalen som ble avslørt i 2003-2004 (kapittel 6). Studiet avsluttes i kapittel 7 med oppsummering og kommentarer. For øvrig viser Figur 1-1 kart over Pakistan, og Figur 3-1 kart som viser den kjernefysiske infrastrukturen.

I denne rapporten blir kjernevåpenrelaterte begreper, anlegg og prosesser kort forklart første gang de nevnes. For lesere som ikke allerede har dette i fingertuppene, har vi imidlertid skrevet appendiks A, som gir en utfyllende introduksjon. Man vil ha spesiell nytte av delen om grunnleggende teori for kjernevåpendesign (appendiks A.4), siden slik litteratur generelt er mangelfull. (Teksten er den samme som man finner i FFI-rapporten (1) om Indias kjernevåpenprogram.)

¹ Fullt navn på Ikke-spredningsavtalen er *Traktat om ikke-spredning av kjernefysiske våpen* av 1. juli 1968. Den omtales ofte som "NPT" etter det engelske kortnavnet "Non-Proliferation Treaty". Mer i FFI-rapporten (5) om kjernevåpenrelaterte folkerettslige avtaler.



Figur 1-1 Kartet viser dagens Pakistan. Den pakistanskkontrollerte delen av den opprinnelige delstaten Jammu og Kashmir er inkludert. Denne delen ligger i nord og utgjør området øst for den røde, nesten vertikale, heltrukne linjen gjennom Nord-Pakistan (som markerer grensen mot det omstridte området). Kontrollinjen, som er dagens grense mellom India og Pakistan, er stiplet og ligger i nordøst av Pakistan. Kartet er hentet fra Encyclopædia Britannica (6) og gjengitt med tillatelse.

2 HVORDAN KJERNEVÅPENPROGRAMMET HAR OPPSTÅTT OG UTVIKLET SEG

Det pakistanske kjernefysiske programmet startet først fredelig med energihensikt. Siden gikk man over til et program som også var våpenrettet. I kapittel 2 skal vi se kronologisk på den historiske utviklingen innen det kjernefysiske programmet.² Vi venter med en systematisk teknisk behandling til neste kapittel.

² Se også FFI-rapporten (3) om historiske, politiske og tekniske perspektiver på kjernevåpenkonflikten mellom India og Pakistan. Denne går både grundigere gjennom de historiske høydepunktene og utdyper årsakene til at de to statene har gått inn for utvikling av kjernefysiske våpen og gjennomføring av prøvesprengninger.

Kapittel 2 er inndelt i en tidlig del (delkapittel 2.1) som tar for seg den perioden med fredelig anvendelse (1956 – 1971), en midtre del (delkapittel 2.2) som tar for seg arbeidet med å utvikle kjernefysiske våpen (fra 1972), og en avsluttende del (delkapittel 2.3) som tar for seg Pakistan som kjernevåpenstat (siden slutten av 1980-tallet).

2.1 Oppstart av fredelig, kjernefysisk program (1956 – 1971)

Det er nødvendig å kjenne til at Det indiske subkontinentet frem til 1947 var en koloni underlagt Storbritannia. Britene fryktet at det religiøse og politiske hatet mellom hinduer og muslimer ville føre til en voldsorgie i et selvstendig India. Derfor beordret de en oppdeling i to deler. Delstater med muslimsk flertall skulle skilles ut fra India og sammen utgjøre den muslimske staten Pakistan. Oppdelingen hindret likevel ikke krig i 1947 mellom de to ferske statene. Den nye staten Pakistan ble geografisk todelt: Vest-Pakistan vest for India og Øst-Pakistan langt mot øst. Det tidligere Vest-Pakistan utgjør dagens Pakistan, mens det tidligere Øst-Pakistan nå er Bangladesh. Se Figur 2-1. (3)



Figur 2-1 Det indiske subkontinentet i dag. Da Pakistan ble selvstendig, bestod landet av både dagens Pakistan (den gang Vest-Pakistan) og dagens Bangladesh (den gang Øst-Pakistan). Med forbehold om uløste grensekonflikter er Indias areal ca 3 166 000 km² og Pakistans ca 796 000 km². Folketallet ble i 2002 anslått til henholdsvis 1 048 millioner og 146 millioner.

Det pakistanske kjernefysiske programmet ble startet opp på grunn av muligheten som åpnet seg gjennom Atoms for Peace-programmet³. Atoms for Peace skulle fremme spredning av fredelig,

³ Programmet Atoms for Peace ble introdusert i 1953 av den amerikanske presidenten Dwight Eisenhower. En årsak var at hemmelighold av kjernefysisk teknologi var vanskelig. I sin berømte tale tilbød han amerikansk samarbeid til alle stater som ville utvikle fredelig, kjernefysisk energi under et amerikansk verifikasjonsregime (som viste seg å være for svakt). Noen analytikere mener at Atoms for Peace heller har bidratt til kjernevåpenspredning.

kjernefysisk teknologi mot at mottagerstatene ikke tilegnet seg kjernefysiske våpen. I ettertid kan man si dette var naivt. Først var Pakistans program fredelig, men etter hvert gikk det over til å bli våpenrettet på grunn av konflikten med India.

Pakistan Atomic Energy Commission (PAEC) ble stiftet i 1956 og leder fremdeles det kjernefysiske programmet. Programmet var noe handlingslammet i starten på grunn av mangel på personell. I 1958 var bare 31 forskere/ingeniører tilgjengelige. Den første lederen av det kjernefysiske programmet var Nazir Ahmad, som kom fra tilsvarende stilling i tekstilkomiteen. For å bøte på kompetanseproblemet ble mer enn 600 forskere/ingeniører sendt til USA, Canada og Vest-Europa for opplæring. Gjennom dette fikk Pakistan generøs assistanse. Innen midten av 1960-tallet var noen få kjernefysiske forskningslaboratorier på plass. (7)

I historiene om Pakistans tidligste kjernefysiske anstrengelser hører det med at Norge var innblandet i diskusjoner om mulig bidragsytelse, men heldigvis endte vi opp med ikke å assistere. Ifølge NRKs Brennpunkt (8) var dr Usmani, daværende leder for Pakistans kjernefysiske program, tidlig på 1960-tallet i kontakt med det norske miljøet og forhørte seg om mulighetene for norsk assistanse i bygging av reaktor og gjenvinningsanlegg. SCANATOM var et skandinavisk konsortium, der det private, norske aksjeselskapet NORATOM var med. I 1965 leverte SCANATOM et tilbud på salg av en hel kjernereaktor til Pakistan, men fikk ikke tilslaget. (8)

De første kjernereaktorene i Pakistan ble levert gjennom Atoms for Peace. Den første var forskningsreaktoren PARR-1, som nådde kritikalitet i 1965. Den er av amerikansk opprinnelse og er i dag underlagt overvåking av Det internasjonale atomenergibyrået (IAEA)⁴ i Wien. Første kommersielle reaktor (KANUPP) nådde kritikalitet i 1971. KANUPP ble kjøpt av Canada og er også overvåket.

Omtrent på denne tiden – i 1968 – ble Ikke-spredningsavtalen lagt ut for undertegning, men Pakistan valgte å ikke undertegne den. Som følge av dette, stoppet Canada i 1976 all kjernefysisk assistanse til staten. Sammen med Israel og India er Pakistan de eneste såkalt kjernefysisk kvalifiserte statene⁵ som fremdeles i dag (2004) ikke har tiltrådt Ikke-spredningsavtalen. (Det har imidlertid forekommet at Pakistan har tilbudt seg å undertegne hvis India også gjør det, men dette har ikke gitt resultater.)

2.2 Utvikling av kjernefysiske våpen (fra 1972)

Det pakistanske kjernevåpenprogrammet er motivert av ønsket om å ha en avskrekker overfor den mektigere naboen India, som dessuten skaffet seg kjernevåpen først. Etter den andre krigen med India, i 1965, ønsket mange grupperinger i Pakistan å utvikle kjernevåpen. Den mest prominente forkjemperen var utenriksminister Zulfikar Ali Bhutto, men som utenriksminister var han ikke i posisjon til å igangsette kjernevåpenutvikling. I 1965 kom han med en velsitert

⁴ IAEA ble stiftet av 81 stater i 1956 som følge av både frykt og forventninger til den nye energiformen kjerneenergi, og på USAs president Dwight D Eisenhowers initiativ. Norge har vært medlem siden starten. (5)

⁵ En *kjernefysisk kvalifisert stat* er en stat som har minst én kjernereaktor (forskningsreaktor eller kraftreaktor).

uttalelse: ”Hvis India lager et kjernevåpen, vil vi om nødvendig spise gress eller løv, til og med gå sultne, men vi skal skaffe oss vårt eget. Vi har ikke noe annet valg.” (3)

I 1971 startet en pakistansk borgerkrig, og Pakistan mistet Øst-Pakistan. Øst-Pakistan dannet en egen stat og ble det nåværende Bangladesh. India blandet seg inn, og dette ble den tredje (og siste) krigen mellom Pakistan og India. Etter nederlaget ble Bhutto valgt til statsminister i desember 1971. I januar 1972 holdt han møte med pakistanske forskere for å begynne kjernevåpenutvikling. Et hemmelig program startet kort tid etter (7) (9). Motivasjonen var å forhindre India i å dele opp Pakistan ytterligere i eventuelle fremtidige konflikter. (3)

India prøvesprengte i 1974, noe som trolig intensiverte Pakistans innsats. Pakistan benektet gjennom 1970- og 1980-tallet at statens kjernefysiske program hadde våpenhensikt (10). I ettertid har dette vist seg å ikke være korrekt. Det skal vi se nærmere på.

Energien som frigjøres i en fisjonseksplisjon, kommer fra *fisjoner* (spaltninger) av en mengde atomkjerener. Bare noen få typer atomkjerener kan holde en *kjedereaksjon* i gang. Slike kjerener kaller vi *fissile* (eller *spaltbare*). Viktigst er *isotopene*⁶ uran-235 og plutonium-239.

Ansamlinger som har svært høy renhet i disse, kalles henholdsvis *våpenuran* (minst 90 % uran-235) og *våpenplutonium* (minst 93 % plutonium-239). (Eventuelt kan man si uran og plutonium av *våpenkvalitet*). Det kreves ulike kjernefysiske anlegg for å fremstille våpenuran og våpenplutonium. En stats kjernefysiske infrastruktur reflekterer derfor statens valg av fissilt materiale. (Mer i appendiksene A.1 og A.2.)

Pakistan forsøkte både *plutoniumsveien* og *uranveien* simultant i forsøkene på å tilegne seg kjernevåpen. Vi tar først for oss plutoniumsveien (avsnitt 2.2.1) og deretter uranveien (avsnitt 2.2.2).

2.2.1 Avbrutt forsøk på plutoniumsveien (1970- og 1980-tallet)

Når man går for plutoniumsveien, kreves minst én kjernereaktor og ett gjenvinningsanlegg. I kjernereaktoren forbrukes uranbrensel, og plutonium dannes etter at uran-238-kjernene har blitt bestrålt og har tatt opp nøytroner. Reaktoren krever en *moderator*, som bremser nøytronene til lavere energi, slik at fisjon forekommer med høyere sannsynlighet. Dersom moderatoren er *tungtvann*⁷, kan naturlig uran brukes som brensel. En slik reaktor kalles en *tungtvannsreaktor*. Naturlig uran består av 0,7 % av isotopen uran-235 og resten hovedsakelig av isotopen uran-238. På grunn av høy andel uran-238 i brenselet er reaktoren gunstig for plutoniumsproduksjon.⁸ Det må et *gjenvinningsanlegg* (*reprosesseringsanlegg*) til for kjemisk å separere ut uranet og plutoniumet fra det brukte brenselet. (Mer i appendiksene A.2.2 og A.3.) La oss se hvordan Pakistans anstrengelser langs plutoniumsveien gikk.

⁶ Ulike isotoper av et grunnstoff, for eksempel uran-235 og uran-238, har samme kjemiske egenskaper, men ulike kjernefysiske egenskaper. Tallet angir antall ”kjernepartikler” i atomkjernen.

⁷ Tungtvann er vann som har hydrogenisotopen deuterium (som har ett nøytron) i seg, i motsetning til ”vanlig” vann, som inneholder hydrogen (som har ingen nøytroner).

⁸ Alternativet er en reaktor som modereres av lett vann (”vanlig vann”) og har *anriket uran* som brensel. Dette er mindre gunstig for plutoniumsproduksjon. Mer om anriket uran og reaktorer i appendiksene A.2.2 og A.3.

På 1970-tallet forsøkte Pakistan å tilegne seg et gjenvinningsanlegg for plutonium med begrunnelse i det kommersielle kraftprogrammet. Pakistan og et fransk firma inngikk en avtale, som IAEA godkjente i 1976, om levering av et storskala gjenvinningsanlegg: Chasma-anlegget. Offisiell hensikt var å bruke plutoniumet i *MOX*⁹. *MOX* er en blanding av uranoksid og plutoniumsoksid og kan brukes som brensel i enkelte reaktorer. Derfor har plutonium en fredelig anvendelse innen *MOX*-produksjon. Flere analytikere, som Weissman og Krossney (11), privatkilden Sublette (12), og Albright (13), hevder at Pakistan skal ha planlagt å benytte gjenvinningsanlegget til å produsere plutonium til ikke-fredelig bruk. Ideen skal ha vært å bryte avtalen om overvåking av trykktungtvannsreaktoren KANUPP, gjenvinne plutoniumet i Chasma og raskt erklære seg som kjernevåpenstat. Det fins naturlig nok ingen kjente beviser for at dette var hensikten.

Frankrike ble etter hvert bekymret for utviklingen og foreslo i 1977 å forandre konstruksjonen av gjenvinningsanlegget slik at det ville gi en blanding av uran og plutonium, som fremdeles ville kunne brukes i *MOX*-produksjon, men som ikke ville kunne brukes direkte til kjernevåpenproduksjon. Pakistan avsto. Etter amerikansk press trakk Frankrike seg fra kontrakten i 1978. Da skal Pakistan allerede ha mottatt mange av tegningene for Chasma-anlegget, men bruddet med Frankrike stoppet likevel utbyggingen. (12) (13) Overvåkingen av kraftreaktorene ble også styrket (13). Pakistan skal senere ha fortsatt å forsøke å gjøre ferdig Chasma-anlegget uten fransk assistanse, men veien frem må ha vært lang og tung. Status per 2004 er usikker. (Se avsnitt 3.2.3.)

Isteden lyktes Pakistan med å bygge et pilotanlegg for gjenvinning av mindre skala: New Labs ved komplekset Pakistan Institute of Nuclear Science and Technology (PINSTECH) i Rawalpindi.¹⁰ (Se avsnitt 3.2.3.) Det skal ha blitt ferdigstilt tidlig på 1980-tallet (7) (14). Anlegget ble bygd av Pakistan, men ved hjelp av franske tegninger for gjenvinningsteknologien og komponenter fra mange utenlandske leverandører (11) (15) (16).¹¹ En franskmann solgte fjernkontrollerte manipulatorer til New Labs i 1977. På anmodning fra USA hindret den franske regjeringen ham i å selge mer i 1983. (15)

New Labs stod ubrukt gjennom 1980-tallet og frem til slutten av 1990-tallet. Den eneste teknisk egnede reaktoren var KANUPP, men det brukte brenselet derfra har vært underlagt jevnlig og uavbrutt overvåking av IAEA (17). Ingen uregelmessigheter har blitt avdekket. Den eventuelle plutoniumsveien ville dessuten ha hatt svakhet med trolig liten kapasitet ved New Labs. Isteden ble uranveien mer interessant for Pakistan, for her fikk man suksess. Frem til første ikke-overvåkede reaktor (Khushab, se avsnitt 3.2.2) ble tatt i bruk i 1998, fulgte derfor Pakistan ikke opp plutoniumsveien.

⁹ *MOX* står for "Mixed OXide Fuel".

¹⁰ Også et anlegg på laboratorieskala ble opprettet ved PINSTECH (se Tabell 3.3). Teknologien hevdes å ha britisk opprinnelse (11).

¹¹ I noen kilder er det påstander blant annet om belgisk assistanse til New Labs, blant annet at pakistanske forskere først skal ha fått opplæring i gjenvinningsteknologi i Belgia (7).

2.2.2 Uranveien etter spionasje mot Vest-Europa (fra 1975)

For uranveien kreves behandling av det naturlige uranet fra gruver og *anrikning* til våpenuran. Å anrike uran vil si å øke andelen uran-235 på bekostning av andelen uran-238. Grensen mellom *lavanriket* og *høyenriket uran* går ved 20 % anrikning. Dersom anrikning er minst 90 %, får man *våpenuran*. Anrikning foregår ofte ved at roterende sentrifuger skiller isotopene i urangass. Masseforskjellen blir utnyttet. Urananrikning er teknisk svært avansert. (Mer i appendiks A.2.1.)

Uranveien ble altså forsøkt parallelt med plutoniumsveien og lyktes først. Det er bredt akseptert at den dyktige, pakistanske ingeniøren dr Abdul Qadeer Khan (se Figur 2-2) skaffet Pakistan uranrikningskunnskap gjennom spionasje mot konsortiet Urenco. Urenco er et trilateralt konsortium mellom Nederland, Storbritannia og Tyskland og utfører moderne urananrikning. Se Figur 2-3. Urenco skal ha hatt en svak sikkerhetskultur. Konsortiet skal ha hatt et nettverk av forskningsinstitusjoner og underkontraktører for å bygge sentrifuger, og høyt graderte sentrifugedesigner ble gitt til bedrifter som kom med tilbud (18).

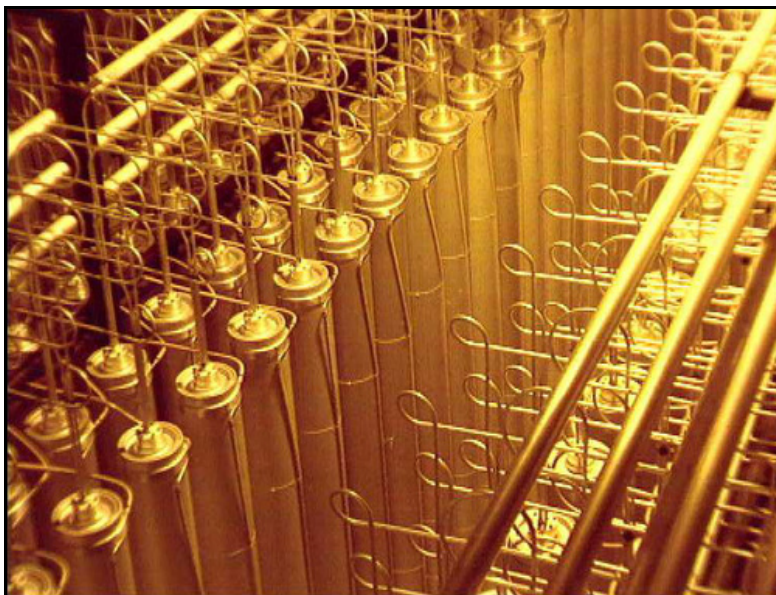


Figur 2-2 Dr Khan fikk gullmedalje av Presidenten i 1998. Hentet fra Sublette (12).

Dr Khan var ansatt fra 1972 til 1975 ved et nederlandsk ingeniørfirma, og morselskapet til dette firmaet spilte en viktig rolle overfor Urencos pilotanrikningsanlegg i Almelo i Nederland (15). I jobben fikk han personlig erfaring med sentrifugeutstyr og anrikning. En av dr Khans arbeidsoppgaver var å oversette tekniske dokumenter, blant annet designer, og disse hadde han tilgang på uten nødvendigvis å være ved anrikningsanlegget. Dr Khan hadde anledning til å lese dokumentene, kopiere dem og ta dem med hjem. I 1974 fikk dr Khan den spesielle oppgaven å oversette høyt gradert informasjon om de verdensledende, tyske sentrifugedesignene G-1 og G-2, som er basert på sentrifugeutviklingen under andre verdenskrig i Nazi-Tyskland (11) (16). Han fikk da også det som skal ha vært hans viktigste besøk ved Almelo-anlegget: 16 dager under en lav sikkerhetskultur. (11) (19)

I 1976, ikke lenge etter Indias første prøvesprengning, dro dr Khan tilbake til Pakistan. Dr Khan er antatt å ha brakt med seg flere nederlandske og tyske designer til Urenco-sentrifuger¹², de tekniske spesifikasjonene for å bygge dem og en liste over konsortiets

¹² I litteraturen oppføres designer som nederlandske M-4 (20), SNOR og CNOR, samt tyske G-1 og G-2 (12) (15) (16) (21).



Figur 2-3 Sentrifugemaskiner ved Urenco.

komponentleverandører (15) (22).

Selv formulerer dr Khan seg slik i TV-dokumentaren *Saddams uransentrifuge* fra Hamilton Fish and Friedman-Nadler Productions (19): ”Jeg jobbet i Amsterdam i et firma som var konsulent for Urenco. På en indirekte måte fikk jeg vite hva disse prosessene innebar. Med min bakgrunn, tekniske erfaring og tilgjengelig litteratur bestemte vi oss for å sette i gang med dette feltet. Og vi hadde suksess.”

En kommentar er at det er nærliggende å tolke ”tilgjengelig litteratur” som Urenco-dokumenter. Informasjon om detaljene rundt anrikning er høyt gradert, slik at lite vil være å finne i offentlig tilgjengelig litteratur.

Det har også vært spekulasjoner om Pakistan kan ha fått Urenco-design i Tyskland. Én tysk tjenestemann har hevdet dette (16). Det er kjent at to tyskere (Bruno Stemmler og Karl Heinz Schaab) solgte designer for Urenco-sentrifuger til Irak.¹³ De fikk tilgang til designen da de jobbet i en tysk bedrift som var underkontraktør til Urenco, slik som dr Khan. (18) (19) Tyske tjenestemenn har spekulert i om Stemmler og Schaab også kan ha solgt sentrifugedesign til Pakistan (16).

Internasjonale overvåkningsregimer har aldri fått inspisere de pakistanske sentrifugeanleggene, men i 2003-2004 skal IAEA ha gjenkjent de iranske og libyske sentrifugene som Urenco-baserte. Både nederlandske og tyske Urenco-sentrifuger skal være funnet der (23). I tillegg bekreftet nederlandske statsråder overfor deres nasjonalforsamling i 2004 at anrikningsteknologien som er spredt til disse statene, trolig har opprinnelse i Nederland (23). Fra pakistansk hold er det videre bekreftet (ved innrømmelser fra dr Khan i februar 2004) at anrikningsteknologien i Iran og Libya har sitt opphav i Pakistan. Dermed kan man slutte at det

¹³ Schaab ble dømt og fengslet, men sonet bare litt mindre enn ett år. Stemmler døde før han ble tiltalt. (18)

som har vært gjengs oppfatning de siste to tiår, er bevist: Pakistanske anrikningsanlegg benytter seg av Urenco-teknologien.

Nederlandsk rett førte rettssak mot dr Khan i hans fravær. Påtalemyndighetene fant i 1983 at han tok med seg gradert sentrifugeinformasjon fra Urenco, og han ble dømt til fire års fengsel. Dommen ble frafalt to år senere, men av formelle årsaker. Nederlands regjering bestemte at saken ikke skulle forfølges videre. (18) (24) (25) (26) I Pakistan omtales dr Khan som ”bombens far”, og han er nasjonalhelt.

Med sine personlige kunnskaper ble dr Khan satt til å lede instituttet som da ble kalt Engineering Research Laboratories (men som senere har fått navnet Khan Research Laboratories (KRL))¹⁴, og til å bygge et anrikningsanlegg for uran i Kahuta. En massiv innkjøpsaksjon skal ha startet, der dr Khan hadde god nytte av sin kjennskap til komponentleverandører. Eksportkontrollen var svak på den tiden. Mange av leverandørene var villige til å forsyne Pakistan med sentrifugekomponenter og utstyr til å lage sentrifuger. Før omverdenen forstod hva som skjedde og fikk satt inn mottiltak, hadde Pakistan skaffet seg mange av de viktigste komponentene. Blant annet eksporterte to nederlandske bedrifter i 1976 6 200 rotorrorer av supersterkt spesialstål¹⁵, som er essensielle i Urenco-teknologien, til Pakistan (18).

De pakistanske anstrengelsene for å importere anrikningsteknologi medførte sanksjoner, og USA stoppet økonomisk og militær hjelp til staten i 1979. I forbindelse med krigen mot Afghanistan, der Pakistan ble en strategisk partner for USA, fikk staten i 1981 igjen amerikansk økonomisk og militær assistanse i seks år (27).

Pakistan fortsatte imidlertid å utvikle anrikningsprogrammet sitt. Importen ble mer begrenset, fordi mange leverandører satte full IAEA-overvåking som krav. Begrensningene ble i mange tilfeller forsøkt forsert ved smugling. I 1985 ble en tysker dømt for smugling av et anlegg for produksjon av uranheksafluoridgass (UF₆), råstoffet som brukes i anrikningsprosessen, til Pakistan (12) (27).

Med mottak av sentrifugedesignen kunne Pakistan droppe mye av den svært krevende forskningsfasen på sentrifuger. Dette gjorde arbeidet langt enklere. Kanskje har informasjonen faktisk vært helt nødvendig for Pakistans anrikningsprogram. (19) I tillegg var det vesteuropeisk, høyt utviklet anrikningsteknologi som spionasjen gav.

Likevel var nok veien frem til et velfungerende anrikningsanlegg lang og tung. Tidlig på 1980-tallet skal kinesiske teknikere ha jobbet ved Kahuta-anlegget (16) (28). Det kan indikere assistanse fra Kina (16), og man kan spekulere i om også Kina fikk tilgang til Urenco-teknologien. I 1984 annonserte Pakistan at staten kunne anrike til lavanriktet uran (15).

¹⁴ Khan Research Laboratories ble i 2001 sammenslått med Pakistan Atomic Research Corporation til Nuclear Defence Complex (27).

¹⁵ Såkalt *maraging steel*.

Uavhengige analytikere hevder at produksjonen av våpenuran kom i gang midt på 1980-tallet (9) (15) (27) (29). Vi merker oss at selv om Pakistan fikk dokumentasjon på sentrifugedesign og på denne tiden kunne foreta omfattende import, skal staten likevel ha brukt hele ti år på å etablere en anrikningskapasitet. Det indikerer hvor teknisk krevende det må være.

2.2.3 Utvikling av en kjernefysisk ladning

Tidlig på 1980-tallet var det allment kjent at Pakistan hadde et pågående anrikningsprogram for uran, samt et gjenvinningsprogram for plutonium som manglet ikke-overvåket brukt brensel. Både anrikning og gjenvinning kan brukes fredelig og er ikke beviser på at staten har våpenhensikt. Men en våpenaspirerende stat må dessuten nedlegge et ikke ubetydelig arbeid innen utviklingen av en kjernevåpendesign. Dette er tegninger for hvordan komponentene i en kjernefysisk ladning skal fabrikeres, og hvordan de skal settes sammen. Import/smugling av deler som har anvendelse innen kjernefysiske ladninger, vil være indikasjoner på at et våpenprogram kan være i gang. Noen slike smuglingstilfeller kom offentligheten for øret på 1980-tallet. I ettertid vet vi at Pakistan skal ha hatt våpenhensikt på denne tiden – med hemmelig arbeid på utvikling av kjernefysiske ladninger. Amerikanerne var klar over dette i 1983, da graderte amerikanske analyser (nå frigitt) konkluderte med at Pakistan hadde et våpenprogram i gang.¹⁶ (9) (16)

Ifølge de amerikanske opplysningene datert 1983 ble en organisasjon underlagt PAEC tildelt ansvaret og begynte studier av implosjon, hydrodynamikk, nøytronberegninger, høyeksplosivtesting og metallurgi, og etter hvert også av en elektronisk startkrets. Per 1983 skal arbeidet på disse nøkkelområdene innen våpenteknologien ha nådd et tilstrekkelig nivå. Det amerikanske dokumentet hevdet også at arbeidet på en kjernevåpendesign startet kort tid etter Indias prøvesprengning i 1974. (16)

Stadig hevdet amerikanske tjenestemenn tidlig på 1980-tallet at Pakistan hadde fått en kjernevåpendesign av Kina, som Kina allerede hadde prøvesprengt (9) (16) (21) (30) (31). I så fall ville Pakistan ha atskillig mindre behov for selv å prøvesprengte. Påstanden har verken blitt bevist eller bekreftet. Veldig mange gode kilder viser imidlertid til denne antagelsen om overføring av en kjernevåpendesign. I februar 2004 ble temaet igjen gjenstand for diskusjon, i forbindelse med at en kjernevåpendesign formidlet av dr Khans nettverk ble funnet i Libya.¹⁷

Meldingene som dreier seg om Kinas designoverføring, hevder at det skal dreie seg om designen for ladningen som ble detonert under den fjerde kinesiske prøvesprengningen (16). I litteraturen oppgis ofte designens sprengkraft til 12 kt (33) eller 20 – 25 kt (34).¹⁸ Designen skal

¹⁶ Analytikere (9) (16) henviser til et dokument fra det amerikanske utenriksdepartementet: U. S. Department of State: *The Pakistani Nuclear Program*, 23. juni 1983, gradert hemmelig, frigitt i 1991.

¹⁷ Meldinger påstod at det skulle være en design som lignet på en kinesisk design. Se for eksempel Jane's (21) eller Washington Post (32). Til dels skal kinesiske notater vært inkludert, og det påstås (per 2004) at notatene tyder på at Kina har vært mentor for Pakistan gjennom flere år (32).

¹⁸ Benevnelsen *kt* eller "kilotonn" brukes på kjernefysiske eksplosjoner og angir hvor mange tusen tonn av det konvensjonelle sprengstoffet TNT som trengs for å gi samme sprengkraft. Til sammenligning hadde kjernevåpenet som ble sluppet over Hiroshima, en sprengkraft på 13 kt.

være ganske sofistikert og relativt lett (1,3 tonn) – tilpasset levering med missiler (28). En amerikansk tjenestemann har uttalt at designen har vært som en hul urankjerne, omgitt av en innslutning og høyeksplosiver (16).¹⁹ Det betyr at designen skal være av *implosjonstype*, det vil si at eksplosjonen finner sted ved at våpenuranet komprimeres til høyere massetetthet. (Mer om våpendesign i appendiks A.4.)

Dersom det var slik at Pakistan fikk designen, vil man likevel anta at vanskelighetene er så store at staten ville trenge mange års arbeid for å bygge en ladning.

Det hevdes at Pakistan skal ha ”kaldtestet” designen 24 ganger mellom 1983 og 1990 (12). (En kaldtest vil si at hele implosjonssystemet blir prøvd uten fissilt materiale.)

Ifølge de amerikanske, avgraderte opplysningene fra 1983 skal Kina også ha overført fissilt materiale til Pakistan. Det skal dreie seg om våpenuran nok til to kjernevåpen. (9) (15) (16) Dette har selvsagt heller aldri blitt bevist eller bekreftet.

Pakistan skal ha fått våpenkomponenter og testutstyr fra Europa og USA. Europeiske firmaer skal i 1981 og 1982 ha solgt deler som uten tvil kunne identifiseres til å skulle gå til våpen (16). Flere pakistanske agenter ble arrestert på slutten av 1970-tallet og tidlig på 1980-tallet da de forsøkte å forsere vestlige lover om eksportkontroll av kjernevåpenkomponenter (12). Når smuglingsforsøk ble oppdaget, kom tegn på våpenhensikt offentligheten for øret. Trolig kom også mye utstyr frem uten å bli oppdaget.

For eksempel ble det i 1985 avslørt et smuglingsforsøk av krytroner til Pakistan (30). Krytroner brukes i initieringsdelen av ladninger og har dermed et våpenrettet bruksområde. Pakistan lyktes videre med å kjøpe design, kunnskap og mange komponenter for et anlegg for separasjon av tritium²⁰ av en bedrift i Tyskland i 1987 (16). Bedriften kalte anlegget simpelthen bare noe annet for å omgå eksportkontrollen. En tysk medarbeider reiste ned for å assistere i bruken av utstyret. Denne medarbeideren og direktøren for bedriften ble dømt for brudd på eksportloven. (18) I 1987 smuglet pakistanske agenter 0,8 gram gass av rent tritium. Gassen hadde blitt overlevert av tyskere, som ble domfelt i 1990. (16) Denne lille mengden tritium kan være en indikasjon på utvikling av nøytronkilder, som trengs for å starte den kjernefysiske eksplosjonen på det optimale tidspunktet. (Mer i delkapittel 3.4.)

Etter hvert som Vesten lukket seg for eksport, ble Pakistan mer avhengig av Kina. De viktigste overførslene skal ha forekommet mellom 1980 og 1985. En formell avtale om kjernefysisk samarbeid ble inngått i 1986. Pakistans utenriksminister Yakub Khan var tilstede ved den kinesiske prøvesprengningen i mai 1983. Det medførte spekulasjoner om det var et pakistanskmontert kjernevåpen som Kina prøvesprengte. (14) (35)

¹⁹ Også Försvarets forskningsanstalt (30) har antydnet at implosjonsdesignen (med uran) kan ha blitt brukt.

²⁰ Tritium er det samme som hydrogen-3, mens deuterium er et annet navn på hydrogen-2. ”Vanlig” hydrogen kan kalles hydrogen-1 og er den letteste av alle isotoper.

Kina ble ikke part i Ikke-spredningsavtalen før i 1992. Før dette var verken Pakistan eller Kina part, slik at det ikke var noe folkerettslig galt i det kjernevåpenrelaterte samarbeidet.

Ikke-spredningsavtalen er den eneste avtalen vi har som regulerer kjernevåpenspredning. Dette er et eksempel som viser hvor viktig den er.

I 1991 ble to direktører i Norsk Data arrestert for illegal eksport av avanserte datamaskiner til Pakistan. (Disse var samme type som Norsk Data lovlig solgte India på 1980-tallet (1).) Den pakistanske henvendelsen om kjøp ble avslått av norske myndigheter på grunn av den potensielle nytten i kjernevåpenprogrammet. Gjennom et stråselsskap, styrt av en av de arresterte direktørene, ble utstyret eksportert til et firma i London. London-firmaet ble drevet av en brite med pakistansk opprinnelse og nære forbindelser til pakistanske myndigheter. Britisk toll stoppet en del av utstyret. Men det antas, ifølge Aftenposten (36), at det meste likevel kom frem til Pakistan. (36)

Senest i 2004 ble det avslørt innførsel av sensitivt utstyr til Pakistan. En israelsk forretningsmann i Sør-Afrika ble anklaget for å ha smuglet elektronikk med mulig bruk i kjernevåpen, fra et firma i Massachusetts i USA, via omveier og til Pakistan. Det skal ha dreid seg om et stort antall triggerer (utløsere). Etter inn gripen fra amerikanske myndigheter skal fabrikanten ha ødelagt utstyret før utlevering (37). Beslaget kan tyde på at Pakistan i dag ikke har planer om å stoppe sin fabrikasjon av kjernevåpen, men pakistanske myndigheter har ikke innrømmet å ha vært involvert. Mottageren skal være en forretningsmann med forbindelser til Pakistans militære. (38) (39)

2.3 Pakistan som kjernevåpenstat (siden slutten av 1980-tallet)

Delkapittel 2.3 tar for seg perioden etter at Pakistan hadde fått kjernevåpenkompetanse (siden slutten av 1980-tallet). Først diskuterer vi når Pakistan hadde kjernevåpen første gang (avsnitt 2.3.1), deretter forbedringene av produksjonen gjennom 1990-tallet (avsnitt 2.3.2), prøvesprengningene i 1998 (avsnitt 2.3.3), og kontrollen over kjernevåpnene (avsnitt 2.3.4).

2.3.1 Når hadde Pakistan kjernevåpen?

Det er uenighet om når Pakistan ”hadde en kjernefysisk ladning” og dermed kunne anses å være en uoffisiell kjernevåpenstat. Fra pakistansk hold har det i ettertid vært hevdet at staten fikk kjernefysisk eksplosivkompetanse i 1987 (9). Uavhengige analytikere antar at Pakistan kan ha begynt å lage fissile kjerner i 1989 eller 1990. I 1990, på samme tid som Sovjetunionen trakk seg ut av Afghanistan, kunne ikke den amerikanske presidenten lenger gå god for at Pakistan ikke var i besittelse av kjernefysiske ladninger. Dermed ble den amerikanske støtten som Pakistan hadde fått som strategisk partner, stanset. (9) (27) Siden 1990 har det derfor vært allment kjent at Pakistan var antatt å være i besittelse av kjernevåpen. De få våpnene var antatt å bli oppbevart som ikke helt ferdigmonterte, men likevel som raskt klare til bruk (9) (15).

Den offisielle, pakistanske linjen fra slutten av 1980-tallet og frem til prøvesprengningene i 1998 var å komme med antydninger og tvetydigheter angående kjernevåpen. I 1992 uttalte

utenriksminister Shahryar Khan at Pakistan hadde komponentene som krevdes til minst én kjernefysisk ladning. I 1993 sa den tidligere stabssjefen i Hæren, Mirza Aslam Beg, at staten passerte terskelen i 1987, da en ladning ble kaldtestet. I 1994 sa tidligere statsminister Nawaz Sharif: ”Jeg bekrefter at Pakistan har et kjernevåpen.” Som svar på dette gikk Regjeringen ut og gjentok den tvetydige, offisielle holdningen: ”Vi har nok kunnskaper og evne til å lage og sette sammen et kjernevåpen. Men vi har frivillig valgt ikke å sette det sammen, detonere det, eller å eksportere teknologien.” Da Sharif igjen ble statsminister i 1997, ble han igjen tvetydig. (15)

På 1970- og 1980-tallet foreslo Pakistan flere tiltak overfor India for å begrense det kjernefysiske våpenkappløpet. Forslag som ikke førte frem, var en samtidig tilslutning til Ikke-spredningsavtalen, full IAEA-overvåkning, gjensidig inspeksjon av hverandres kjernefysiske anlegg og kjernevåpenfri sone. Flere forslag var fremdeles til vurdering tidlig på 1990-tallet. (28) I 1988 inngikk de to statene en gjensidig avtale om ikke å angripe hverandres kjernefysiske fasiliteter: *India-Pakistan Agreement on the Prohibition of Attack Against Nuclear Installations and Facilities*. Som del av denne avtalen, informerer partene hverandre årlig om lokaliseringen av sine respektive anlegg, men ikke om hva anleggene brukes til. Opplysningene har frem til nå ikke blitt publisert.

2.3.2 Stadige forbedringer

Fra midten av 1991 hevder Pakistan ikke å ha anriket til høyanriket uran.²¹ Benektelsene var spesifikt rettet mot *høyanriket* uran, så produksjon av lavanriket uran ble ikke benektet. Et forråd av lavanriket uran vil være svært hjelpelig for en stat, fordi videreutvikling av lavanriket uran til våpenuran går veldig mye raskere enn om man starter med naturlig uran. Det er ukjent når den påståtte pausen opphørte.

Uansett er det sikkert at Pakistan gjennom 1990-tallet fortsatte å forbedre uranveien (som allerede fungerte) og plutoniumsveien (som ikke var ferdig).

Flere tilfeller av lyssky kjøp på 1990-tallet kan knyttes til forbedring av anrikningsevnen. I 1993 ble 1 000 metalledder for sentrifugeutstyr²² på vei til Pakistan stoppet i den tyske tollene. Dette skal ha vært en indikasjon på at Pakistans sentrifuger var utledet fra tidlige Urenco-designer.²³ (15) I 1994-1995 inntraff den mest omtalte overførselen av kjernefysisk relatert teknologi fra Kina. Pakistan mottok 5 000 kinesiske ringmagneter av koboltsamarium. Ringmagnetene er vesentlige komponenter i opphenget av den roterende delen av gassentrifugene. (16) (27) Kina hevdet ikke å ha vært klar over salget (9). Anrikningsanlegget Golra Sharif har også trolig vært under arbeid (se delkapittel 3.1).

Rundt årsskiftet 1995-1996 var det frykt for at Pakistan skulle komme til å prøvesprengne. Det ble først meldt om indiske forberedelser på prøvesprengning, og deretter om pakistanske. (Mer i

²¹ Dr Khan har kommet med uoffisielle antydninger om at Pakistan har anriket til våpenuran under alle regimer (40). Det er ukjent om antydningene medfører riktighet.

²² Metalleddene var nærmere bestemt til såkalte *sentrifuge scoops*.

²³ Se Albright et al (15) side 272 og 275. Kilden skriver det ikke eksplisitt, men vi tolker ”tidlige Urenco-designer” som de avanserte, tyske designene G-1 og/eller G-2.

FFI-rapporten (2) om prøvesprengningene i India og Pakistan.)

I 1996 ble Prøvestansavtalen (CTBT)²⁴ lagt ut for undertegnelse. India nektet å undertegne. I Pakistan var det internt press om ikke å akseptere en kjernefysisk begrensning som ikke India var bundet til. Pakistan gav uttrykk for ikke å ville bli part om ikke India ble. (9)

Året 1998 var en milepæl for fullføringen av plutoniumsveien. Forskningsreaktoren Khushab ble erklært å ha blitt satt i drift. Reaktoren er ikke-overvåket, slik at for første gang fikk Pakistan muligheten til å produsere ikke-overvåket brukt brensel. Plutoniumsveien ble fullendt. (Mer i avsnitt 3.2.2.) Gjenvinningskapasitet eksisterte fra før av i New Labs, men denne kan ha blitt utvidet i mellomtiden. Statusen for gjenvinningsanlegget i Chasma antas å ha vært at det var under bygging. (Se avsnitt 3.2.3.)

2.3.3 Prøvesprengninger i 1998

I mai 1998 prøvesprengte India. Til tross for eksternt press mot å prøvesprengre (blant annet fra USA og Kina), valgte Pakistan å detonere bare få uker etter. Pakistan ble den første muslimske staten med kjernevåpen, og dette ble feiret. (3)

Prøvesprengningene viste at Pakistan behersker kjernevåpen av uran. Prøvesprengningene var av relativt lav sprengkraft, og antallet vellykkede eksplosjoner var muligens overdrevet. (Se FFIs rapport (2) om prøvesprengningene for mer informasjon.)

Etter prøvesprengningene innrømmet Pakistan for første gang å være i besittelse av kjernevåpen. Staten erklærte seg som "kjernevåpenstat". I tilsynskonferansen for Ikke-spredningsavtalen i år 2000 (*2000 NPT Review Conference*) ble det beklaget at Pakistan prøvesprengte i 1998, og staten ble ikke gitt anerkjennelse som kjernevåpenstat. Derfor kan Pakistan kalles en offisiell, men ikke anerkjent, kjernevåpenstat. (Det samme gjelder India.) Pakistan ble den andre staten (etter India) som brøt det etablerte kjernevåpenskiellet²⁵ definert av Ikke-spredningsavtalen. Per 2004 er det ingen flere stater som har brutt kjernevåpenskiellet.

Etter prøvesprengningene ble det igjen innført sanksjoner overfor Pakistan. De økonomiske konsekvensene var store. For den vanlige pakistaner i gaten økte fattigdommen. De amerikanske sanksjonene ble lempet på da Pakistan etter litt nøling ble en strategisk partner etter terrorangrepet 11. september 2001.

Pakistanske myndigheter har mange ganger uttalt at staten ikke akter å bli part verken i Ikke-spredningsavtalen eller Prøvestansavtalen. Pakistan avstår fra å bli part i

²⁴ Avtalens fulle navn er *Traktat om totalforbud mot kjernefysiske prøvesprengninger (CTBT)* av 10. september 1996. Den kalles ofte bare "Prøvestansavtalen" eller "CTBT", eller det engelske navnet *Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*. Se for øvrig FFI-rapporten (5) for mer informasjon.

²⁵ *Kjernevåpenskiellet* er skillet mellom USA, Sovjetunionen/Russland, Storbritannia, Frankrike og Kina som anerkjente kjernevåpenstater på den ene siden, og mellom resten av verden som ikke-kjernevåpenstater på den andre siden. Å bryte kjernevåpenskiellet vil da si at én av de statene som skal være ikke-kjernevåpenstater, offentlig innrømmer å ha kjernevåpen. Vi ser her bort fra Sør-Afrika, som nedla sitt kjernevåpenprogram.

Ikke-spredningsavtalen fordi staten hevder å være en kjernevåpenstat. Årsaken til at Pakistan ønsker å stå utenfor også Prøvestansavtalen, er at det blir sett på som uaktuelt å følge den. (41)

2.3.4 Kontroll

Etter 11. september 2001 ble fokus rettet mot den pakistanske sikkerheten. Man var bekymret for at kjernevåpnene eller fissilt materiale kunne falle i hendene på terrorister. President Musharraf gikk ut og forsikret at sikring av kjernevåpnene var høyt prioritert, og at kjernevåpnene er trygge mot tyverier og utro tjenere. Utenriksministeren har sagt at de er ”under pansret kontroll” (42). Kjernevåpnene skal dessuten bli oppbevart på komponentform, med den fissile kjernen atskilt fra de ikke-fissile delene (27) (42). Bare to dager etter terrorangrepene relokerte Pakistan kjernevåpenkomponentene sine, etter sigende til minst seks nye, hemmelige steder (43).

I Pakistan er det militære instanser som har kontrollen over både de kjernefysiske ladningene og leveringsmidlene. Denne mangelen på institusjonell todeling mellom det sivile og militære kan være uheldig. I en todeling ville det ha ligget en bedre forsikring mot uautorisert bruk av kjernevåpnene.²⁶

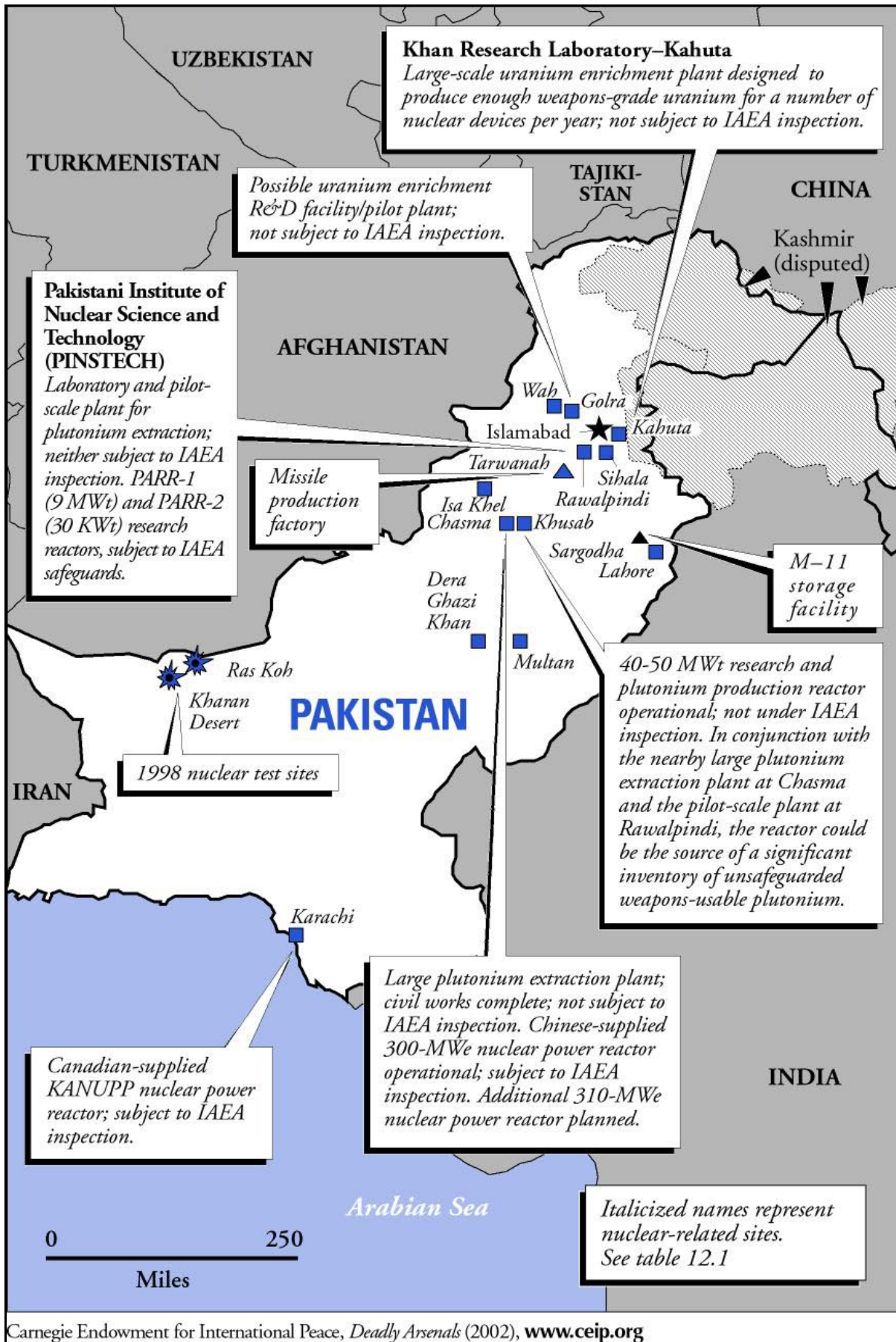
En fare for sikkerheten av de pakistanske kjernevåpnene kan være dersom ansatte innen kjernevåpenprogrammet, militæret eller etterretningen skulle ha sympatier med radikale islamister. Ifølge meldinger har flere ansatte, deriblant etterretningssjefen, blitt avskjediget siden høsten 2001 på grunn av tvilsomme forbindelser (43). Radikale islamister i befolkningen generelt kan også utgjøre en trussel.

En annen bekymring er om en person med ”uheldige sympatier” i fremtiden skulle få makten i Pakistan, og dermed få kontrollen over kjernevåpnene. Flere attentatforsøk har den senere tid vært rettet mot president Musharraf. Det er ikke usannsynlig om gjerningsmennene var radikale muslimer, som ikke er begeistret for Musharraf's politikk. Attentatforsøkene skal ha vært så godt gjennomført at enkelte analytikere hevder at utro tjenere i militæret trolig var involvert (44). Man kan spørre seg om Presidenten egentlig har kontroll over sin egen hær og sin egen etterretning. Stemmer det at kjernevåpnene er under ”pansret kontroll”?

3 DAGENS KJERNEFYSISKE INFRASTRUKTUR OG RESULTERENDE VÅPENPRODUKSJON

Pakistans kjernefysiske kommersielle energiproduksjon og forskningsprogram synes mindre omfattende enn Indias. Det kjernefysiske programmet er mer fokusert på våpenhensikt og lettere gjennomskuelig. Vi så også i kapittel 2 at Pakistan har vært mer avhengig av import, smugling og (trolig) assistanse fra Kina. Figur 3-1 viser et geografisk kart over den kjernevåpenrelaterte infrastrukturen i Pakistan.

²⁶ India har todeling (1).



Carnegie Endowment for International Peace, *Deadly Arsenals* (2002), www.ceip.org

Figur 3-1 Den kjernevåpenrelaterte infrastrukturen i Pakistan per 2002 ifølge Cirincione (27) ved Carnegie Endowment for International Peace. Gjengitt med tillatelse.

Ifølge pakistanske myndigheter er 50 000 personer (derav 6 000 forskere) ansatt i forbindelse med det kjernefysiske programmet per 2004 (45). Blant de viktigste instansene i kjernevåpenproduksjonen er Nuclear Defence Complex, Pakistan Institute of Nuclear Science and Technology, og Pakistan Ordnance Factory. Vi omtaler disse nå.

Nuclear Defence Complex står i sentrum for Pakistans kjernevåpenprogram. Det ble etablert i 2001 og består av de tidligere stiftelsene Khan Research Laboratories (KRL)²⁷ og Pakistan Atomic Research Corporation. Komplekset er ansvarlig for mange anlegg og aktiviteter tilknyttet sentrifugeanrikning og utvikling av kjernefysiske ladninger, men også forsvarsrelatert forskning med vid bredde – inkludert missilutvikling. (27) (30)

Institusjonen Pakistan Institute of Nuclear Science and Technology (PINSTECH) ligger i Rawalpindi. Byggingen startet i 1961. Ved dette komplekset skal plutoniumsgjenvinning og kjernefysisk forskning foregå. PINSTECH er ansvarlig for Pakistans to forskningsreaktorer.

Man antar at i hvert fall noen av de ikke-fissile delene i kjernevåpnene (som for eksempel triggerne) lages ved komplekset Pakistan Ordnance Factory, som er militært drevet og lokalisert i Wah nær Islamabad. Her antas også at delene blir montert. (27) (30) (46) I Wah lages i tillegg konvensjonelle våpen, og det er et stort og avansert mekanisk verksted der. (47)

Prøvesprengningsområdet ligger i Chagai Hills i sørvest. En grundigere presentasjon fins i FFI-rapporten (2) om prøvesprengningene.

I kapittel 3 skal vi ta for oss dagens kjernefysiske infrastruktur og anleggenes våpenproduksjon. Først presenteres anleggene for uranproduksjonen (delkapittel 3.1), og så for plutoniumsproduksjonen (delkapittel 3.2). Delkapittel 3.3 omhandler de resterende kjernereaktorene. Delkapittel 3.4 ser på tritiuminteressen. Til slutt viser vi en skjematisk oversikt over den antatte kinesiske assistansen til Pakistans kjernevåpenprogram (delkapittel 3.5).

3.1 Anlegg for produksjon av våpenuran

Pakistan har flere steder uranruver og anlegg for uranbearbeiding.

Det er snakk om fire pakistanske anrikningsanlegg. I litteraturen er det lite informasjon om dem, både når det gjelder startår og deres kapasitet. Det som synes å være antatt, er vist i Tabell 3.1.

Sihala-anlegget nær Islamabad er gammelt og antas som regel å være lite (27) (46). Allerede før Kahuta-anlegget kom i full drift ble det omtalt som et pilotanlegg for eksperimentering på anrikning (11).

²⁷ Også kalt A Q Khan Laboratories. Her befinner anrikningsanlegget i Kahuta seg.

Navn	Skala	Uranutbytte	Status	Start	IAEA
Kahuta	Storskala	80 – 140 kg våpenuran/år	I drift	1984	Nei
Sihala	Forsøksskala	Ukjent	I drift		Nei
Golra Sharif	Forsøksskala?	Ukjent	Ukjent		Nei
Wah/Gadwal	Storskala?	Ukjent	Ukjent		Nei

Tabell 3.1 Status for Pakistans anrikningsanlegg per 2004.

Anrikningsanlegget i Kahuta er av stor skala, og det har lenge vært antatt å være statens viktigste anrikningsanlegg. Våpenuran herfra går til fissilt materiale i kjernevåpnene. Ladningene som ble prøvesprengt i 1998, ble erklært å ha bestått av Kahuta-uran. Siste åpne estimat på produksjonen i Kahuta er 80 – 140 kg våpenuran per år, men tallet er svært usikkert. (Mer i delkapittel 4.1.)

Lite informasjon er tilgjengelig om anrikningsanlegget Golra Sharif nær Islamabad. Per 2004 er det uklart om det er i drift. Noen kilder omtaler det som lite og som et forsøksanlegg (16) (46) (48), andre som stort og med avanserte sentrifuger (12).

I åpen litteratur er det snakk om et nyere anrikningsanlegg nær Wah²⁸ (46) (48). Meldinger på slutten av 1990-tallet skal ha hevdet at anlegget var under bygging med mulig kinesisk assistanse (48). Kapasiteten har i noen kilder vært vurdert som storskala (27) (34). Status per 2004 er usikker.

3.2 Anlegg for produksjon av våpenplutonium

I produksjonen av våpenplutonium inngår anlegg for brenselsfabrikasjon og tungtvannsproduksjon (avsnitt 3.2.1), en ikke-overvåket tungtvannsmoderert reaktor (avsnitt 3.2.2) og gjenvinningsanlegg (avsnitt 3.2.3).

3.2.1 Brenselsfabrikasjon og tungtvannsproduksjon

Pakistans brenselsfabrikasjon er ikke-overvåket og skal ha blitt satt i drift i 1986. Et anlegg er lokalisert i Kundian, nær Chasma, der det er en overvåket kraftreaktor. (27)

Tidligere har Pakistan hatt behov for å importere tungtvann. Dette har vært problemfylt fordi staten ikke er tilsluttet Ikke-spredningsavtalen. Noe tungtvann har trolig blitt importert fra Kina (34). To reaktorer trenger tungtvann: kraftreaktoren KANUPP (som nådde kritikalitet i 1971) (se Tabell 3.4) og den antatte våpenprodusenten Khushab (kritikalitet i 1998) (se Tabell 3.2).

I dag antas at Pakistan har tre anlegg for tungtvannsproduksjon: i Multan, Karachi og Khushab (27) (49). Ingen av dem er overvåkede. Tungtvannsanlegget i Khushab er vurdert til å være stort og til å dekke behovet til Khushab-reaktoren like i nærheten (49). Det var i mange år kjent at utbygging av en eller annen type anlegg foregikk. I år 2000 ble anlegget ved hjelp av

²⁸ I tillegg til betegnelsen "Wah-anlegget" har det også vært omtalt som "Gadwal-anlegg" (46) (48).

satellittbilder identifisert som et tungtvannsanlegg (49).

3.2.2 Ikke-overvåket, tungtvannsmoderert reaktor

Byggingen av Pakistans første og eneste ikke-overvåkede tungtvannsmodererte reaktor skal ha startet på midten av 1980-tallet (14) (28). I mange år benektet Pakistan påstandene om at reaktoren var under oppføring. Reaktoren ligger i Khushab og har navn deretter. Se Figur 3-2. Reaktoren skal ha stått ferdig i 1996, men skal ikke ha blitt satt i drift med en gang på grunn av tungtvannsmangel (9). Men i april 1998 annonserte staten at Khushab-reaktoren hadde nådd kritikalitet. (27) (50) (51) Den antas å ha blitt bygd med hemmelig, kinesisk assistanse (9) (13) (27) (30) (34) (51), men det benektes av Pakistan.



Figur 3-2 Satellittbilde av Khushab-reaktoren. Hentet fra *Institute for Science and International Security* (50).

Khushab er en trykktungtvannsreaktor – det vil si en tungtvannsreaktor som er satt under trykk slik at moderatorvannet ikke koker. Som vi nevnte i avsnitt 2.2.1, kan trykktungtvannsmodererte reaktorer bruke naturlig uran som brensel, og dette er gunstig når man skal produsere plutonium. Khushab-reaktoren er dessuten av designen *CANDU*, som står for "CANadian Deuterium Uranium reactor". *CANDU*-reaktorer kan skifte brensel uten at reaktoren må skrus av. Det er fordelaktig for våpenhensikt fordi produksjon av plutonium som er av våpenkvalitet, krever hyppig brenselsskifte. (Se appendiksene A.2.2 og A.3.) Khushab-reaktoren vil være en velegnet våpenprodusent.

Khushab er også ikke-overvåket (og for øvrig Pakistans eneste ikke-overvåkede reaktor). For første gang fikk staten mulighet til å produsere ikke-overvåket brukt brensel, som uten videre

kan brukes i våpenproduksjonen. Fordi Pakistan allerede hadde gjenvinningsteknologi, utgjorde Khushab-reaktoren i 1998 fullførelsen av plutoniumsveien.

En reaktors kapasitet er effekten den gir ved full drift. Vi skiller mellom termisk kapasitet (benevnt med MW_t) og elektrisk kapasitet (benevnt med MW_e). En reaktor produserer termisk energi, men bare en brøkdel av denne overføres til elektrisk energi. Khushab-reaktoren antas som regel å ha en kapasitet på om lag $50 MW_t$. (Anslag varierer mellom 40 og $70 MW_t$.)

Tabell 3.2 oppsummerer kjente tekniske data for Khushab.

Navn	Kapasitet [MW_t]	Kritikalitet	Moderator	Brensel	IAEA
Khushab	Ca 50	1998	Tungtvann	Naturlig uran	Nei

Tabell 3.2 Status for Pakistans eneste ikke-overvåkede reaktor per 2004. Antatt å være våpenprodusent. Årstallet angir når reaktoren nådde kritikalitet første gang.

Et rimelig anslag er at Khushab ved normal drift vil produsere brukt brensel tilsvarende 8,2 – 13 kg våpenplutonium årlig. Det vil utgjøre et betydelig bidrag til våpenproduksjonen. (Mer i delkapittel 4.2.)

Hvis plutoniumet skal brukes i kjernevåpen, må det lages en ny kjernevåpendesign, og det kan bli behov for nye prøvesprengninger. Produksjon av plutonium og fabrikasjon av kjernefysiske ladninger tar tid. Dersom Pakistan først fikk tilgang på ikke-overvåket brensel i april 1998, er det usannsynlig at Pakistan skulle ha rukket å benytte våpenplutonium under prøvesprengningene i mai 1998. (Mer informasjon om status for mistanker om bruk av plutonium fins i FFI-rapporten (2) om prøvesprengningene.)

3.2.3 Gjenvinning av plutonium

Pakistan har i dag (2004) ingen reaktorer som drives med plutonium eller MOX som brensel. Derfor er hensikten med gjenvinningsanleggene opplagt: Produksjon av fissilt materiale til kjernevåpen. Tabell 3.3 viser en oversikt.

Navn	Kapasitet	Status	Start	IAEA
New Labs, PINSTECH (Rawalpindi)	Nominelt ca 10 kg plutonium per år	I drift	Tidlig på 1980-tallet	Nei
PINSTECH (Rawalpindi)	Forsøksskala			Nei
Chasma	Storskala?	Ukjent		Nei

Tabell 3.3 Status for Pakistans gjenvinningsanlegg per 2004.

Det brukte brenselet ved Khushab gjenvinnes ved gjenvinningsanleggene New Labs ved PINSTECH i Rawalpindi og/eller Chasma. I åpen litteratur er det ikke mye informasjon om

status for disse anleggene. La oss presentere begge.

New Labs er et middels stort pilotanlegg for gjenvinning av uran og plutonium. Det antas at kapasiteten ble økt i løpet av 1990-tallet (14) (52), og at den tidligere var ”relativt liten” (9) (13). I dag refereres den nominelle kapasiteten som regel til å være rundt 10 kg plutonium per år.²⁹ Ved full drift skulle dette være tilstrekkelig for å håndtere alt det brukte brenselet fra Khushab-reaktoren, og det vil kunne gi nok plutonium til ca to kjernefysiske ladninger per år.

PINSTECH skal også ha et laboratorieanlegg med muligheter for forskning på separasjon (britisk teknologi (11)).

Chasma-anlegget skal være mye større enn New Labs. Det ble påbegynt i samarbeid med et fransk firma, men franskmennene trakk seg fra avtalen i 1978 (se avsnitt 2.2.1). Tidlig på 1990-tallet ble det meldt at arbeidet hadde fremdrift, men at det sannsynligvis var flere år til ferdigstilling. I 1996 skrev pressen at Kina, ifølge amerikansk etterretningsinformasjon, assisterte i ferdigstillingen med teknikere og utstyr. (9) I 1998 ble det antatt at Chasma var som et ”tomt skall”, men at ferdigstilling var ventet. I litteraturen er det per 2004 uavklart om Chasma er i drift eller ikke.

Dersom kapasiteten ved New Labs er så høy som angitt i åpne kilder, slik at alt ikke-overvåket brukt brensel kan behandles der, utgjør ferdigstilling av Chasma ingen stor omveltning innen våpenproduksjonen. Unntaket vil være om New Labs produserer lavere enn den nominelle kapasiteten, eller om Pakistan i fremtiden kommer til å bygge flere ikke-overvåkede reaktorer. Staten kunne også benytte en eventuell overskuddskapasitet til å gjenvinne overvåket brensel for fredelig anvendelse (i nytt reaktorbrensel), men da er IAEA-overvåkning påkrevd.

3.3 Overvåkede kjernereaktorer

Den ikke-overvåkede reaktoren Khushab ble behandlet i avsnitt 3.2.2. Nå tar vi for oss resten av kjernereaktorene. De er overvåkede og kan ikke brukes i produksjonen av våpenplutonium. Reaktorene brukes enten til energiproduksjon (avsnitt 3.3.1) eller til forskning (avsnitt 3.3.2).

3.3.1 Kraftreaktorer

Pakistans kjernekraftprogram er lite. Bidraget til statens elektrisitetsproduksjon er neglisjerbart og utgjorde bare 2,5 % av totalen i 2002 (54). Programmet består i dag (2004) av to kraftreaktorer: KANUPP og CHASNUPP-1. Navnene er forkortelser for henholdsvis ”Karachi Nuclear Power Plant” og ”Chasma Nuclear Power Plant”.

Når man angir en reaktors elektriske kapasitet, skiller man mellom brutto- og nettoverdi. Nettoverdien gjelder når internt forbruk ved energiproduksjonen er trukket fra. Den samlede elektriske bruttokapasiteten til KANUPP og CHASNUPP-1 er 460 MW_e. En reaktors

²⁹ Mer spesifikt: 10 – 20 kg plutonium per år ifølge Totalforsvarets Forskningsinstitutt (34), og Koch og Topping (47), eller 8 – 10 kg per år ifølge Albright (52), og Hibbs (53).

kapasitetsfaktor for en periode angir gjennomsnittlig utnyttelsesgrad (i prosent) av en reaktors bruttokapasitet. I 2002 var gjennomsnittlig kapasitetsfaktor for de to reaktorene på beskjedne 44 % (54).

KANUPP er en trykktungtvannsreaktor og kunne derfor teknisk sett være godt egnet for produksjon av våpenplutonium. Reaktoren er imidlertid overvåket av IAEA og kan ikke brukes på den måten. CHASNUPP-1 er en lettvannsreaktor. Lettvannsreaktorer modereres av lettvann ("vanlig" vann) og må ha anriket uran som brensel. Dette er mindre gunstig for produksjon av våpenplutonium. Tabell 3.4 viser oversikt over tekniske data for de to kraftreaktorene.

Navn	Termisk kapasitet [MW _t]	Elektrisk brutto-kapasitet [MW _e]	Elektrisk netto-kapasitet [MW _e]	Kritikalitet	Moderator	Brensel	IAEA
KANUPP (Karachi)	433	137	127	1971	Tungtvann	Naturlig uran	Ja
CHASNUPP-1 (Chasma)	998,6	325	300	1998	Lettvann	Lavanriket uran	Ja

Tabell 3.4 Status for Pakistans kraftreaktorer per 2004. Begge er overvåkede. "Lettvann" er vanlig vann. En tungtvannsreaktor kan gå på naturlig uran, mens en lettvannsreaktor krever anriket uran. Informasjonen kommer fra IAEA (54), Cirincione (27) og 2002 World Nuclear Industry Handbook (55).

Den eldste kraftreaktoren er KANUPP. Den befinner seg i Karachi og kalles derfor også "Karachi-reaktoren". Trykktungtvannsreaktoren KANUPP er av CANDU-design og har kanadisk opprinnelse. KANUPP skal ha en spesiell konstruksjon som krever en egen type brensel. I dag produserer Pakistan brenselet selv. (56) Kritikalitet ble nådd i 1971, og reaktoren ble satt i kommersiell drift i 1972 (55). Historisk har KANUPP hatt en heller svak produksjon.³⁰ Per desember 2003 er status at KANUPP er under oppgradering, men at den "snart" skal settes i drift igjen (57).

Som vi så i avsnitt 2.2.1, er kraftreaktoren KANUPP reaktoren som av enkelte analytikere hevdes opprinnelig å ha vært tenkt brukt i produksjonen av våpenplutonium. Dette kan ikke ha forekommet da reaktoren har vært underlagt IAEAs overvåkning med jevnlig inspeksjoner i hele perioden siden starten (17).

Den andre kraftreaktoren, CHASNUPP-1, kalles også "Chasma-1". Reaktoren stod ferdig i 1995 (12). Kritikalitet ble oppnådd i 1998, og i 2000 ble den koblet til elektrisitetsnettet (55). Reaktoren er en lettvannsreaktor og ble levert av Kina. Den er av samme design som Kinas Qinshan-1. Leveransen ble sterkt kritisert siden Pakistan ikke er part i Ikke-sprengningsavtalen, slik at ikke alle pakistanske kjernefysiske anlegg er underlagt IAEAs overvåkning. Vestlige

³⁰ Frem til 1997 var livsløpskapasitetsfaktoren bare 29 %, og KANUPP var blant de reaktorene i verden med dårligst livsløpskapasitetsfaktor (56).

reaktorleverandører har avstått fra å selge til Pakistan. (30)

Pakistan hevder for fremtiden å skulle satse på en sterkere base av kjernekraft (57). En ny reaktor av samme design som CHASNUPP-1, er planlagt i Chasma. Den skal leveres av Kina og vil hete CHASNUPP-2. (Alternativt "Chasma-2".) Status per desember 2003 er at forhandlingene med Kina skal fortsette for å oppnå at arbeidet kan starte i løpet av 2004 (57). CHASNUPP-2 vil bli underlagt overvåkning. Derfor, og siden den er lettvannsmoderert, blir den uegnet for statens våpenproduksjon. Tabell 3.5 oppsummerer tekniske data for den planlagte reaktoren.

Navn	Elektrisk kapasitet [MW _e]	Kritikalitet	Moderator	Brensel	IAEA
CHASNUPP-2 (Chasma)	310	Ukjent	Lettvann	Lavanriket uran	Ja

Tabell 3.5 Status for Pakistans planlagte kraftreaktor per 2004.

Staten hevder selv nå å ha fått tilstrekkelig reaktorkompetanse til selvstendig å drive sine reaktorer. Men Pakistan er tydeligvis fremdeles avhengig av utenlandsk hjelp i bygging og oppgradering, siden Pakistan selv bare har "en rolle", som det heter, i oppgraderingsarbeidet av KANUPP. (57)

3.3.2 Forskningsreaktorer

Pakistan har to forskningsreaktorer: PARR-1 og PARR-2. Forkortelsen står for "Pakistan Atomic Research Reactor". Reaktorene befinner seg begge ved PINSTECH i Rawalpindi. Begge er overvåkede. De brukes til øvelse av personell, produksjon av radioisotoper og kjernefysiskrelatert forskning. Tabell 3.6 viser en oversikt.

Navn	Termisk kapasitet	Kritikalitet	Moderator	Brensel	IAEA
PARR-1 (Rawalpindi)	9 MW _t	1965	Lettvann	Lavanriket uran (tidligere høyanriket uran)	Ja
PARR-2 (Rawalpindi)	27 kW _t	1989	Lettvann	Høyanriket uran	Ja

Tabell 3.6 Status for Pakistans overvåkede forskningsreaktorer per 2004. Begge skal være i drift. Informasjonen kommer fra IAEA (59), Cirincione (27) og Albright et al (15).

PARR-1 er av amerikansk opprinnelse (30). Den er ombygget slik at den ikke lenger går på høyanriket uran til 90 %, men til 20 % (47). PARR-2 ble bygd med kinesisk assistanse (15) (30) og går på høyanriket uran.

3.4 Tritium

Pakistan har hatt en tydelig interesse for hydrogenisotopen tritium, både små og store mengder. Det så vi i avsnitt 2.2.3: Smugling av små mengder (0,8 gram) tritiumgass, samt import av teknologi for et tritiumseparerende anlegg fra Tyskland – begge deler i 1987. (Ifølge privatkilden Sublette (12) skal Pakistan dessuten ha mottatt leveranser av tritium fra Kina.)

Tritium har flere bruksområder. At Pakistan bryr seg om relativt små mengder tritium tyder på interesse for avanserte nøytrongeneratorer, nemlig de som baserer seg på fusjon (sammensmelting) av deuterium og tritium.³¹ Slike fusjoner frigjør energirike nøytroner, men krever høy temperatur og tetthet. Ifølge analytikerne Albright og Hibbs (16) er 0,8 gram ren tritiumgass tilstrekkelig for flere slike nøytrongeneratorer, men for lite for annen kjernevåpenrelatert bruk.

Med større mengder tritium kan man selvsagt fortsatt støtte produksjon av nøytrongeneratorer basert på fusjon, men man får også mulighet til å fabrikkere boostede fisjonsvåpen og/eller forsyne noen designer av termonukleære våpen som krever tritium. *Boostede fisjonsvåpen* kalles også "tritiumforsterkede fisjonsvåpen" eller "avanserte fisjonsvåpen". Ved boosting fusjonerer deuterium med tritium, og energirike nøytroner dannes. Boosting gir et bedre forhold mellom sprengkraften og den anvendte mengden fissilt materiale. *Termonukleære våpen*³² baserer seg på at en primærladning (av fisjonstype) antenner en sekundærladning (av fusjonstype). Noen designer av termonukleære våpen antas å trenge tritium som fusjonsmateriale, men ikke alle. Et termonukleært våpen er det mest kompliserte kjernevåpenet å fabrikkere, men det gir til gjengjeld mulighet for en svært høy sprengkraft.³³

Det er ukjent hvor mye tritiumanlegget som skal ha blitt bygd etter importen fra Tyskland i 1987, eventuelt har gitt, eller om Pakistan også har andre tritiumseparerende anlegg. Det aktuelle anlegget skal være av typen som separerer tritium fra bestrålt litium-6 (47) (58). Nøytronbestrålingen vil foregå i reaktorer. Dette er den vanligste måten å produsere tritium på (60).³⁴ Pakistan har hatt muligheten til å bestråle isotoper siden forskningsreaktoren PARR-1 ble startet opp i 1965. PARR-1 er designet for nøytronbestråling og radioisotopproduksjon. Den har alltid vært overvåket, men IAEA-inspektørene vil ikke være i stand til å oppdage en slik bestråling mellom de jevnlig inspeksjonene (17).

I forbindelse med prøvesprengningene i 1998 kom det ubekreftede antydninger om detonasjon

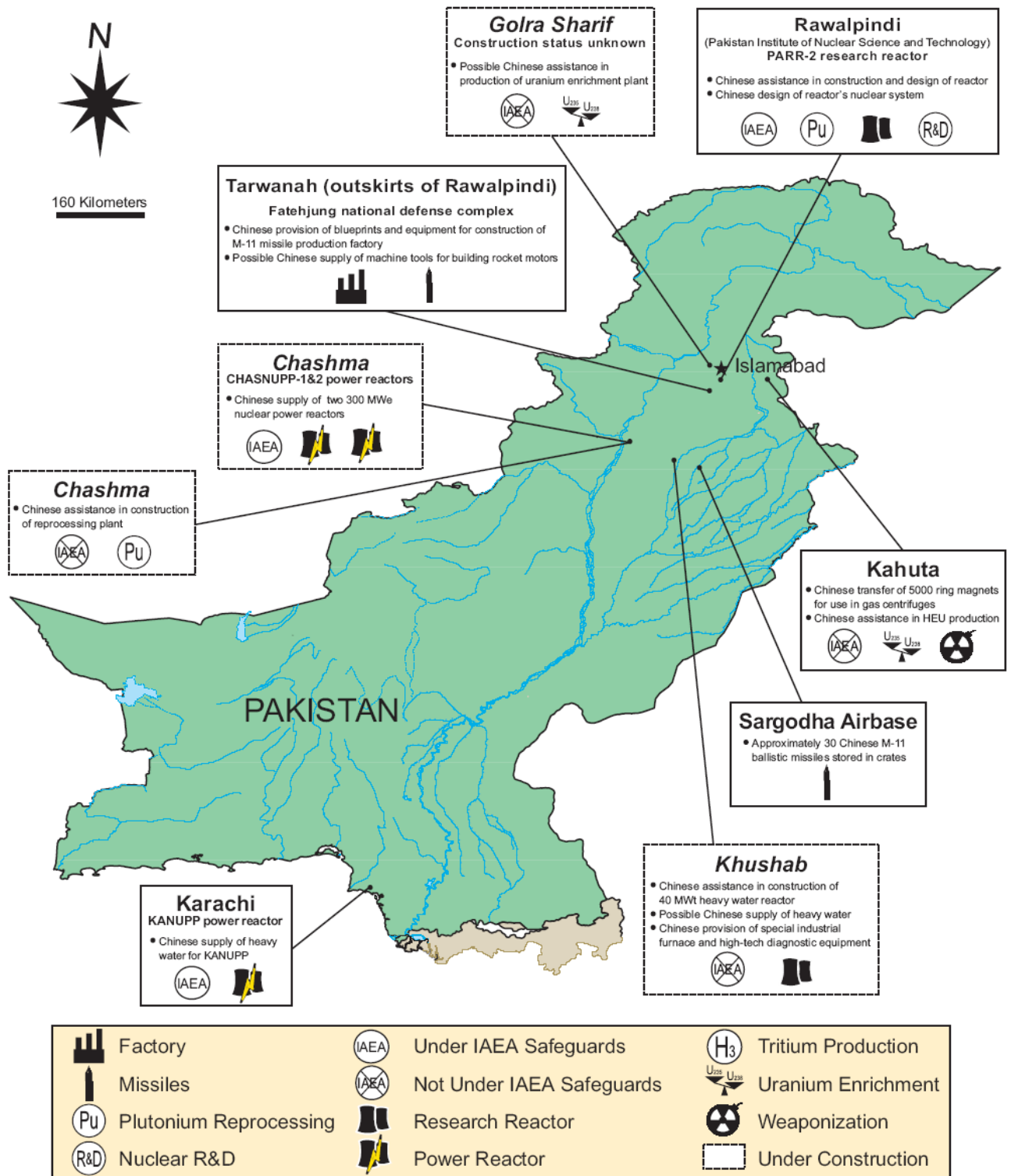
³¹ Alternativt kan Pakistan ha benyttet nøytrongeneratordesignen som består av beryllium-9 / polonium-210. Polonium-210 sender ut heliumkjerner (isotopen er en *alfaemitter*). Når beryllium-9 blir truffet av heliumkjerner, vil isotopen av og til sende ut nøytroner. Denne generatoren er enklere å fabrikkere, men har ulempen at polonium-210 har kort halveringstid (140 dager), slik at stoffet stadig må skiftes ut. Slik som tritium, vil også polonium-210 trolig lages i reaktorer (ved bestråling av vismut). Muligheten kan ha eksistert siden PARR-1 kom i drift i 1965.

³² Termonukleære våpen kalles også hydrogenbomber.

³³ Mer om design av kjernevåpen i appendiks A.4.

³⁴ Tritium kan også utvinnes fra brukt tungtvann fra tungtvannsreaktorer. I slike reaktorer vil noen deuteriumkjerner i tungtvannet ta opp nøytroner og danne tritium. Uansett er en reaktor nødvendig for tritiumproduksjonen. Deretter kreves egne, store anlegg for separasjon/rens av tritiumet.

CHINESE ASSISTANCE TO PAKISTANI NUCLEAR AND MISSILE FACILITIES



Source: East Asia Nonproliferation Project, Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies

Figur 3-3 Påstått og påstått mulig kinesisk assistanse til pakistanske kjernefysiske anlegg og missilanlegg. Vi har bare tatt for oss de kjernefysisk relaterte anleggene i vår rapport. Hentet fra Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies (61). Udatert, men muligens fra 1997.

av boostede fisjonsladninger. Antydningene kom fra dr A Q Khan og andre pakistanske forskere. Dette er ikke avklart. Ingen termonukleære ladninger er antatt å ha vært prøvesprengt, og pakistanske tjenestemenn har benektet å skulle lage termonukleære ladninger.³⁵ (2) Man kan kanskje ikke utelukke en interesse for i hvert fall boostede fisjonsvåpen. Og kanskje vil det bli en forbedring av kvaliteten på det pakistanske, kjernefysiske arsenalet i løpet av de kommende år.

3.5 Skjematisk oversikt over påstått kinesisk assistanse

Figur 3-3 viser et geografisk kart der det er inntegnet påstått eller påstått mulig kinesisk assistanse (ifølge Center for Nonproliferation Studies) til de kjernefysiske anleggene. (Påstått assistanse til missilanlegg er også tatt med i figuren, men vår rapport omhandler ikke slike anlegg.) Kartet er udateret, men vi antar at det er fra ca 1997, fordi samme kilde kom med flere Pakistan-relevante kart og studier dette året.

4 BEREKNINGER AV MULIG PRODUKSJON OG FORRÅD AV FISSILT MATERIALE

I dette kapittelet foretar vi estimer på produksjon og forråd av fissilt materiale i Pakistan.

Pakistan har lenge hatt anrikningskompetanse, og det har tidligere kommet estimer på produksjonen og forrådet av våpenuran. Det er analysene til D Albright (enten i egenskap av å være førsteforfatteren av Albright et al (15), eller i egenskap av å være president ved Institute for Science and International Security i USA) som de aller fleste uavhengige kilder benytter når de skal oppgi Pakistans produksjon/forråd av våpenuran. Albrights siste estimat (52) for Pakistan er per utgangen av 1999. I delkapittel 4.1 ekstrapolerer vi estimatene frem til i dag (per utgangen av 2003 og 2004).

Pakistans produksjon av våpenplutonium startet opp for relativt kort tid siden (1998). Albrights siste estimat (52) er datert 1999 og vil dermed ikke lenger gi noe godt bilde. I delkapittel 4.2 gjør vi beregninger av dagens mulige produksjon og forråd av våpenplutonium.

4.1 Våpenuran

Vi skal nå forklare Albright et als (15) metodikk for estimat på Pakistans produksjon og forråd av våpenuran, og deretter selv ekstrapolere de gamle estimatene fra 1999 frem til utgangen av 2003 og 2004. Det må bemerkes at estimatene på urananrikningen i Pakistan er høyst usikre.

Kahuta er det eneste anrikningsanlegget som vi per 2004 vet er av storskala og i drift. Uavhengige analytikere betrakter derfor som regel bare Kahuta-anlegget ved

³⁵ Dr Khan har derimot sagt at det foregår forskning på "fusjonseksplisjoner" (som vi tolker som termonukleære ladninger), og at en slik eksplosjon kan detoneres hvis ønskelig. Denne uttalelsen motstrider offisiell informasjon, og vi tar den med noen klyper salt. (2)

anrikningsestimater. For heller å komme med et underestimat fremfor overestimat gjør vi også det.

Antallet sentrifuger og deres gjennomstrømning (i enheten SWU/y³⁶) for Pakistans anrikningsanlegg er hemmelig. På grunnlag av rykter og annen ubekreftet informasjon³⁷ antar Albright et al (15) at Kahuta-anlegget hadde 1 000 sentrifuger i drift i 1986 og 3 000 i drift i 1991.³⁸ Forfatterne antar en lineær økning av sentrifugetallet fra 1986 til 1991. Dessuten antar de at den gjennomsnittlige gjennomstrømningen per sentrifuge er 3 – 5 SWU/y.³⁹

Man må også gjøre antagelser om rutinene for mating av sentrifugene. Naturlig uran (i form av uranheksafluoridgass) går inn, og man antar at Pakistan ikke har problemer med tilgangen på dette.⁴⁰ Videre antar man at det utarmede uranet som kasseres (*tail*), inneholder 0,5 % uran-235. Det er relativt høyt og vil si at terskelen for å kassere det utarmede uranet er lav. Konsekvensen er en større årlig produksjon av anrikt uran, men også et høyere forbruk av naturlig uran.⁴¹ Albright et al (15) går ut fra at Pakistan hadde et moratorium i våpenurananrikning fra mai 1989 til cirka første halvdel av 1990, og deretter i en lengre periode fra siste halvdel av 1991.⁴² I øvrige tidsrom antar analytikerne at Kahuta-anlegget kontinuerlig har blitt brukt til anrikning til våpenuran (med 93 % anrikning). Albright et al (15) sitt estimat på våpenuranproduksjonen fra 1986 til 1991 vises i Tabell 4.1.⁴³

Vi ser av tabellen at Albright et als (15) estimat på årlig produksjon ved Kahuta i 1991 var på 9 000 – 15 000 SWU/y. Det tilsvarer en produksjon på 55 – 95 kg våpenuran per år. Dersom man antar at 20 kg våpenuran blir forbrukt ved fabrikasjon av én kjernefysisk ladning, tilsvarer dette en årlig økning på 3 – 5 såkalte *våpenekvivalenter*. Begrepet våpenekvivalenter benyttes når man vil anslå hvor mange kjernefysiske ladninger som kan lages av en gitt mengde fissilt materiale, men ikke tar stilling til om hele mengden faktisk er omdannet til ladninger. Vi ser også av tabellen at per 1991 er Pakistan estimert å ha hatt et forråd på 160 – 260 kg våpenuran, med en middelvei på 210 kg. Dette tilsvarer 8 – 13 våpenekvivalenter.

Albright et al (15) antar videre at Pakistan under moratoriet for anrikning til våpenuran fortsatte anrikning til 20 % anrikt uran. Man kjenner ikke til hvor lenge moratoriet varte. Det kan både hende at det varte til 1998, året for prøvesprengningene, eller at produksjonen av våpenuran ble gjenopptatt flere år tidligere. Manglende internasjonal overvåking lar spørsmålet stå ubesvart.

³⁶ Benevnelsen SWU/y står for "separative work units per year" og brukes om gjennomstrømningen av anrikt urangass i sentrifuger.

³⁷ For eksempel rykter referert i den pakistanske avisen Muslim i 1986, intervjuer med uspesifiserte "amerikanske tjenestemenn med tilgang til etterretningsinformasjon om Pakistans kjernevåpenprogram" m m.

³⁸ Se Albright et al (15) side 274f.

³⁹ Antatt vanlig gjennomstrømning for "tidlige" sentrifuger. Se Albright et al (15) side 275 og 278.

⁴⁰ Se Albright et al (15) side 275.

⁴¹ Se Albright et al (15) side 469.

⁴² Ifølge meldinger skal statsminister Benazir Bhutto ha beordret stans i produksjonen av våpenuran før sitt besøk til Washington i juni 1989. Deretter er det antatt at produksjonen startet opp igjen ca første halvdel av 1990 på grunn av spenninger i forholdet til India. I 1991 skal Pakistan igjen ha innført ny stans i produksjonen. Se Albright et al (15) side 274.

⁴³ Se Albright et al (15) side 277.

År	Produksjon [SWU/y]	Produksjon av våpenuran [kg]	Akkumulert antall våpen- ekvivalenter [stk]	Akkumulert produksjon av våpenuran [kg]
1986	3 000 – 5 000	19 – 31	1,0 – 1,6	19 – 31
1987	4 500 – 7 500	28 – 47	2,4 – 3,9	47 – 78
1988	6 000 – 10 000	38 – 63	4,3 – 7,1	85 – 141
1989	7 500 – 12 500	16 – 28	5,1 – 8,5	100 – 170
1990	9 000 – 15 000	28 – 47	6,5 – 11	130 – 220
1991	9 000 – 15 000	28 – 47	7,9 – 13	160 – 260

Tabell 4.1 Albright et als (15) (side 277) estimat på årlig og akkumulert produksjon av våpenuran (med 93 % anrikning) og akkumulert antall våpenekvivalenter fra 1986 til 1991. Det er forutsatt bare fire måneders produksjon i 1989 og halv produksjon i 1990 og 1991. Det utarmede uranet som kasseres, består av 0,5 % uran-235. Én våpenekvivalent er antatt å tilsvare 20 kg våpenuran.

Men det har seg slik at det i ettertid faktisk ikke har stor betydning. Det mest tidkrevende arbeidet foregår nemlig ved anrikning til lavanriket uran. Dersom Pakistan anriker til 20 % fra 1991 til 1998, vil det bare ta typisk et halvt år å anrike den akkumulerte mengden videre til 93 %. Vi antar at Pakistan gjorde denne jobben i siste halvdel av 1998.

La oss gi en mer detaljert begrunnelse på hvorfor moratoriet nesten blir betydningsløst. Dersom Pakistan fortsatte å anrike til lavanriket uran fra midten av 1991 til midten av 1998 (7 år), ville forrådet kunne omdannes til 350 – 580 kg våpenuran på om lag seks måneder.⁴⁴ Forutsetningen er at kapasiteten i 1998 var den samme som i 1991 (9 000 – 15 000 SWU/y), og at det utarmede uranet nå består av 0,3 % uran-235. Dersom Pakistan isteden hadde produsert våpenuran i den samme perioden, ville man ha produsert 390 – 670 kg våpenuran. Vi ser at forskjellen blir liten.

Under prøvesprengningene i mai 1998 forbrakte Pakistan våpenuran. Staten hevder selv å ha detonert seks ladninger. Vi tror heller at Pakistan detonerte tre ladninger. (Se FFI-rapporten (2) om prøvesprengningene.) En antagelse om 20 kg våpenuran per ladning gir et forbruk av 60 kg våpenuran.

Som Albright et al (15) skriver, antas de fleste sentrifugene i Kahuta å ha blitt installert i perioden 1985-1990. De tidlige sentrifugene har levetid på typisk fem til ti år. Man kan derfor anta at siden oppstart og frem til i dag (2004) har sentrifugene blitt skiftet ut minst to ganger. Pakistan har trolig fortsatt forskning på og utvikling av sentrifugeteknologien. Vi kan anta at de nye sentrifugene kan være av bedre kvalitet, kanskje med om lag 50 % bedre utbytte per sentrifuge (15). (Vi lar dette være gjeldende fra 1999.) I så fall blir gjennomstrømmingen

⁴⁴ Her har vi tatt utgangspunkt i at Albright et al (15) (side 278) forteller at den produserte mengden lavanriket uran (gitt de samme betingelsene som vi opererer med) fra midten av 1991 til utgangen av 1995 (4,5 år) vil kunne gjøres om til 225 – 375 kg våpenuran på 4 måneders arbeid. Vi har ekstrapolert dette estimatet fra 4,5 år til 7 år, altså frem til halvveis i 1998.

mellom 4,5 og 7,5 SWU/y. Som regel kaller man designen for de tidligste pakistanske sentrifugene P-1 (for Pakistan-1), og den neste designen kalles P-2.

Pakistan kan også ha forandret antallet sentrifuger frem til i dag, men om dette fins ingen informasjon. Dersom antallet har blitt holdt konstant siden 1991, men gjennomstrømningen er 50 % høyere siden 1999, vil den årlige produksjonen ved Kahuta være 14 000 – 23 000 SWU/y. (15) Det gir en årlig produksjon på om lag 80 – 140 kg våpenuran,⁴⁵ tilsvarende ca 4 – 7 våpenekvivalenter.

Vi antar at etter videreanrikning av det lavanrikede uranet, fra januar 1999, har Pakistan anriket uran med kapasiteten 80 – 140 kg våpenuran per år. Fra 1999 og frem til utgangen av 2003 (fem år) vil 400 – 700 kg ha blitt produsert. Fra 1999 og frem til utgangen av 2004 (seks år) vil 480 – 840 kg ha blitt produsert.

Det totale forrådet i Pakistan vil med våre antagelser bli 850 – 1 500 kg våpenuran per utgangen av 2003, tilsvarende 40 – 75 våpenekvivalenter. Per utgangen av 2004 vil forrådet bli på 930 – 1 600 kg våpenuran, det vil si 45 – 80 våpenekvivalenter.⁴⁶ Årlig økning i våpenekvivalenter vil være 4 – 7 stykker. Ingenting er overvåket, og alt er tilgjengelig for Pakistans kjernefysiske våpen. Se Tabell 4.2 for en skjematisk oversikt over vår konklusjon.

Periode	Produksjon av våpenuran [kg våpenuran]	Produksjon av lavanriket uran [kg våpenuran]	Forbruk [kg våpenuran]	Antall våpenekvivalenter [stk]
01.01.86 – 31.06.91	160 – 260			8 – 13
01.07.91 – 31.06.98		350 – 580		
Mai 1998			60	3
01.07.98 – 31.12.98	350 – 580			18 – 29
01.01.99 – 31.12.03	400 – 700			20 – 35
01.01.04 – 31.12.04	80 – 140			4 – 7
Sum	990 – 1 700		60	50 – 85

Tabell 4.2 *Estimater på produksjon av våpenuran ved Kahuta-anlegget i de angitte periodene. Frem til midten av 1991 er det antatt at produksjonen er 55 – 95 kg våpenuran per år. Fra midten av 1991 til midten av 1998 er det antatt produksjon av lavanriket uran. (Mengden lavanriket uran oppgis i mengden våpenuran som man får hvis det lavanrikede uranet blir videre anriket til våpenuran.) I løpet av siste halvdel av 1998 antas det lavanrikede uranet å ha blitt videreanriket til høyanriket uran. Fra 1999 antas at produksjonen er 80 – 140 kg våpenuran per år. Én våpenekvivalent er antatt å tilsvare 20 kg våpenuran. Vi henviser til teksten for øvrige betingelser for estimatet.*

⁴⁵ Albright brukte dette estimatet også i en artikkel i 1998 (62).

⁴⁶ Vi bemerker at kvalitetsøkningen på 50 % bare gir en økning på 8 – 14 våpenekvivalenter fordelt over seks år, i forhold til om kvaliteten hadde vært uforandret. Denne nylige økningen på 50 % har derfor ikke hatt stor relativ betydning.

Vi ser at dersom Pakistan *ikke* har ønsket å benytte det eventuelle forrådet av lavanriket uran til våpenproduksjonen, vil Pakistan per utgangen av 2003 ha et forråd av 500 – 960 kg våpenuran (tilsvarende 25 – 48 våpenekvivalenter), og 580 – 1 100 kg våpenuran per utgangen av 2004 (tilsvarende 30 – 55 våpenekvivalenter). Spørsmålet om det mulige lavanrikede uranet er omdannet til våpenuran er altså vesentlig. Foreløpig eksisterer ingen sikker informasjon. Det synes vanlig i litteraturen å anta at videreanrikningen er utført.

Metodikken som vi har gått gjennom, og som Albright et al (15) har utledet, forstår vi er noe tynn. Anslaget på antallet sentrifuger i Kahuta baserer seg fremdeles på intervjuer av amerikanske tjenestemenn i 1991, samt antagelsen om at antallet ikke har økt i løpet av de siste 13 år, og om at sentrifugeringskvaliteten er forbedret med 50 %. Bedre holdepunkter har imidlertid ikke vært tilgjengelige for oss. En produksjon på 14 000 – 23 000 SWU/y er egentlig relativt liten. En produksjon som for eksempel er ti ganger så stor, kan generelt også være en rimelig størrelse på ett fullskala anrikningsanlegg. Hvis Kahuta er blitt utvidet, eller hvis et annet storskalaanlegg er installert, har det vesentlige konsekvenser for våpenuranestimaterne vedrørende Pakistan.

4.2 Våpenplutonium

Det brukte brenselet fra Pakistans kommersielle reaktorer er overvåket av IAEA og ikke gjenvunnet. Plutoniumet som dannes ved normal reaktordrift (uten hyppig brenselsskifte) inneholder en større andel tyngre plutoniumsisotoper. Plutoniumet er da av lav kvalitet og kalles *reaktorplutonium*. Reaktorplutoniumet er neppe aktuelt for bygging av kjernevåpen hos stater som har tilgang på våpenplutonium, siden reaktorplutonium er mindre egnet. (Se appendiks A.2.2.)

Khushab-reaktoren er den eneste reaktoren som er interessant for beregninger innen Pakistans kjernevåpenprogram, fordi den er ikke-overvåket og tungtvannsmoderert. I april 1998 ble den erklært å ha nådd kritikalitet. Vanligvis vil nye reaktorer undergå en innkjøringsperiode der effekten holdes lavere. Derfor pleier man ved tradisjonelle estimater på forrådet av våpenplutonium å se bort fra reaktorens første tre år, siden bidraget anses å ha vært lite. Men dersom det skulle være av høy nasjonal prioritet, kan innkjøringsfasen gjøres hurtigere (13).

Når Khushab har kommet i vanlig drift, er det rimelig å forutsette en kapasitetsfaktor på 50 – 80 %. For å beregne hvor mye våpenplutonium som reaktoren produserer, kan man benytte tommelfingerregelen om at en CANDU-reaktor kan produsere 0,9 gram våpenplutonium for hver MW_t per døgn (1). Med 50 MW_t og dette anslaget på kapasitetsfaktor vil følgelig 8,2 – 13 kg våpenplutonium kunne produseres per år.

Vi utelukker ikke at Khushab kan ha blitt innkjørt raskere enn normalt. Vi foretar et estimat der vi ser bort fra produksjonen i 1998, antar at reaktoren hadde en kapasitetsfaktor på 20 – 80 % fra og med 1999 til og med 2000, og 50 – 80 % fra og med 2001 til og med 2004. Resultatet er det kan ha blitt produsert brukt brensel tilsvarende mellom 30 – 65 kg våpenplutonium per utgangen av 2003, og mellom 40 – 80 kg per utgangen av 2004.

Vi antar at 6 kg våpenplutonium kan gå med til produksjonen av én kjernefysisk ladning (1). Estimater på forrådet av brukt brensel med plutonium av våpenkvalitet tilsvarer 5 – 11 våpenekvivalenter per utgangen av 2003, og 7 – 13 våpenekvivalenter per utgangen av 2004. Vi antar at Pakistan for hvert år vil ha en økning av våpenplutonium tilsvarende mellom 1,4 – 2,2 våpenekvivalenter.

Vi så i avsnitt 3.2.3 at Pakistan antas å ha tilstrekkelig gjenvinningskapasitet for å håndtere forsyningen av brukt brensel fra Khushab. Det er derfor tilsynelatende ingenting i veien for at Pakistan kan ha gjenvunnet alt våpenplutoniumet. I 2000 ble det meldt i media at amerikansk etterretning skal ha funnet beviser (basert på utslipp av krypton-85) på at Pakistan har startet gjenvinning, og det ved New Labs (52) (53).

Vi kjenner ikke status for en eventuell pakistansk design for plutoniumsvåpen. Dersom Pakistan har en fungerende design, kan staten allerede ha omdannet plutoniumet til kjerneladninger. Vanligvis vil man imidlertid foreta prøvesprengninger for å bekrefte designen før serieproduksjon iverksettes.

4.3 Oppsummering

Tabell 4.3 viser en oppsummering av resultatene for estimert mengde fissilt materiale i Pakistan per utgangen av 2003 og 2004, samt hvor mange våpenekvivalenter som mengden utgjør.

Dato	Akkumulert mengde våpenuran [kg]	Akkumulert mengde våpenplutonium [kg]	Akkumulert antall våpenekvivalenter
31.12.2003	910 – 1 600	30 – 65	50 – 85
31.12.2004	990 – 1 700	40 – 80	55 – 90

Tabell 4.3 *Estimater på mengden våpenuran og våpenplutonium som fins i Pakistan, samt antallet våpenekvivalenter som mengdene utgjør, per utgangen av 2003 og 2004.*

5 MILITÆR KJERNEFYSISK SLAGKRAFT

I kapitlene 3 og 4 studerte vi Pakistans kjernefysiske infrastruktur og resulterende produksjon av fissilt materiale. Men fra en militær synsvinkel er en høy produksjon av fissilt materiale ikke nok. En god militær kjernefysisk slagkraft krever at staten faktisk også har produsert et tilstrekkelig antall kjernefysiske stridshoder, og at staten har evne og vilje til å levere dem. Levering må skje med fly eller missiler. I dette kapitlet studerer vi antallet kjernefysiske stridshoder (delkapittel 5.1), leveringsmidlene (delkapittel 5.2) og antatt bruksvilje (delkapittel 5.3).

5.1 Antallet kjernefysiske stridshoder

Det verserer ikke mange anslag i den åpne litteraturen om antallet faktiske pakistanske stridshoder. NRDC Nuclear Notebook 2001 (43) og Jane's (63) (fra 2003) presenterer anslaget 25 – 50 stykker, en størrelse som virker generelt akseptert. Det er ikke utenkelig om Nuclear Notebook 2001 er originalkilden, mens Jane's siterer den to år etter. Jane's (63) anfører imidlertid at "analyser fra andre kilder antyder tall så høye som 100 stridshoder".

Ved hjelp av Tabell 4.2 finner vi at Pakistan per utgangen av 2001 kunne estimeres å ha et forråd av 690 – 1 200 kg våpenuran. Dette utgjør 35 – 60 våpenekvivalenter. Forrådet av våpenuran er noe større enn Nuclear Notebook 2001 sitt anslag på 25 – 50 stridshoder på samme tidspunkt, men ikke så mye. Dermed kan vi slutte at mesteparten av våpenuranet antas å ha blitt omdannet til stridshoder. Pakistan er heller militært motivert enn forskningsfokuserende, og det synes som at det er en vanlig, generell oppfatning at Pakistan skal ha lagd stridshoder av mesteparten av sitt forråd av fissilt materiale.

La oss oppdatere frem til utgangen av 2003 og 2004. I delkapittel 4.1 så vi at økningen av uranforrådet fra utgangen av 2001 til utgangen av 2003 tilsvarende 8 – 14 våpenekvivalenter. Det kan være at mesteparten av dette har blitt omdannet til stridshoder, men vi vet ikke. I tillegg så vi i delkapittel 4.2 at det er mulighet for et mindre supplement av stridshoder basert på plutonium. For heller å få et for lavt anslag enn for lite, ser vi bort fra dette eventuelle supplementet siden det er usikkert om Pakistan produserer slike stridshoder. For utgangen av 2004 gjør vi tilsvarende oppdatering.

Konklusjonen vår blir at 30 – 65 er et rimelig estimat på antallet stridshoder per utgangen av 2003, og 30 – 70 stykker per utgangen av 2004. Tallene er basert på uranestimatene. Ifølge Nuclear Notebook 2001 (43) forventes en betydelig økning av antallet (og kvaliteten) på det pakistanske, kjernefysiske arsenalet i løpet av de kommende år.

Som om vi ser i FFI-rapporten (1) om det indiske kjernevåpenprogrammet, antar vi at India hadde 30 – 40 stridshoder per utgangen av 2003. Vi kan dermed ikke si hvilken av statene India og Pakistan som har flest. Det er kanskje en noenlunde balanse. Enkelte kilder mener at Pakistan har flest stridshoder, mens andre mener at det er India.

5.2 Leveringsmidler

Pakistans mulige leveringsmidler for kjernefysiske våpen er fly og ballistiske missiler. Flyene behandles i avsnitt 5.2.1, mens missilene behandles i avsnitt 5.2.2.

5.2.1 Fly

Gjennom 1990-tallet var den amerikanske flymodellen F-16 ansett å være det mest sannsynlige pakistanske leveringsmiddelet for kjernefysiske stridshoder (27). Dersom fly skulle bli valgt i dag, er trolig F-16 stadig den mest sannsynlige modellen (43). Flyet har rekkevidde (aksjonsradius) på mer enn 1 600 km, noe som dekker hele India, og det kan bære en ekstern last

på ca 5 500 kg (43).

Pakistan har også to andre flymodeller som kan tenkes benyttet i et kjernefysisk angrep: A-5 (kinesisk) og Mirage V (fransk).

Tabell 5.1 viser en oppsummering av dataene for Pakistans leveringsmidler fra luften.

Fly	Antall	Rekkevidde [km]	Maksimal last [kg]
A-5	50	400 – 600	2 000
Mirage V	60	650 – 1 300	4 000
F-16	32	> 1 600	5 500

Tabell 5.1 Tre flymodeller som Pakistan trolig ville benytte til å levere kjernefysiske stridshoder, ifølge Nuclear Notebook 2001 (43) og Totalförsvarets Forskningsinstitut (34).

5.2.2 Ballistiske missiler

Pakistan har i dag flere ballistiske missiler som kan tenkes brukt til å levere kjernefysiske ladninger. Den maksimale rekkevidden er 2 000 – 2 500 km. I missilutviklingen har Pakistan nytt godt av assistanse fra Kina og Nord-Korea.

Pakistan begynte arbeidet med å skaffe seg missiler tidlig på 1980-tallet. Med antatt kinesisk assistanse ble programmet intensivert midt på 1980-tallet. Dette skal ha resultert blant annet i kortdistansemissilet Ghaznavi (også kalt Hatf-3), som antas å være basert på kinesiske M-11. (27) Ghaznavi har rekkevidde på 290 km (63) og kan bære 500 kg (64).

Missilmodellene med navnevarianter av "Ghauri" er mellomdistansemissiler. Ghauri er navnet på en muslimsk, afghansk konge som beseiret den hinduistiske lederen Prithvi Raj Chauhan på 1100-tallet.

Ghauri I (også kalt Ghauri eller Hatf-5) er antatt å være importert fra Nord-Korea (No Dong). (Pakistan hevder at Ghauri er egenutviklet.) De nordkoreanske missilene er igjen avledet fra sovjetiske SCUD-missiler. Ghauri I kom i tjeneste i 1998. Den har rekkevidde på 1 300 – 1 500 km og kan bære opptil 500 – 750 kg. Denne rekkevidden dekker det meste av India.

Ghauri II har større kapasitet. Rekkevidden er 2 000 – 2 300 km, som er nok til å nå hele India. Maksimal last er 750 – 1 000 kg. (43) Ghauri II ble testet i 1999.

Kortdistansemissilet Shaheen I (etter "ørn") skal ifølge meldinger være basert på Kinas missil M-9 (27). Se Figur 5-1. Rekkevidden skal være 750 km, noe som når både New Delhi og Mumbai (Indias største industriby). Shaheen I ble testet i 1999. Tidlig i 2001 annonserte Pakistan at serieproduksjon av Shaheen I hadde begynt.



Figur 5-1 Missilet Shaheen I. Hentet fra Sublette (12).

Mellomdistanssemisilet Shaheen II antas også å være bygd med kinesisk assistanse (65). Shaheen II ble først fremvist i en parade i 2000. Første test var i mars 2004. Rekkevidden skal være 2 000 – 2 500 km (65), noe som er tilstrekkelig for å dekke hele India.

Data for missilmodellene oppsummeres i Tabell 5.2. Dessuten skal mellomdistanssemisilet Ghauri III være under utvikling. Rekkevidden kan bli opptil 3 000 km. Motorene skal ha blitt prøvd i 1999. (34) (66)

Missiler	I bruk siden	Rekkevidde [km]	Maksimal last [kg]	Antall
Ghaznavi (eller Hatf-3 eller M-11)	Ukjent	290	500	Ukjent
Shaheen I (eller Hatf-4 eller M-9)	1999	750	700	20
Shaheen II (eller Hatf-6)	2004	2 000 – 2 500	1 000	Ukjent
Ghauri I (eller Hatf-5)	1998	1 300 – 1 500	500 – 750	10
Ghauri II	2001	2 000 – 2 300	750 – 1 000	10

Tabell 5.2 Ballistiske missilmodeller som kan tenkes å brukes til å levere kjernefysiske ladninger, ifølge Nuclear Notebook 2001 (43), Jane's (63) (65) og Choudhury (64). Året da missilene kom i bruk og antallet missiler er hovedsakelig hentet fra Jane's (63).

5.3 Antatt bruksvilje

Pakistan har ikke annonsert noen formell kjernefysisk doktrine. Offisielle uttalelser etter prøvesprengningene i 1998 antyder imidlertid holdningene til anvendelse.

Pakistan hevder at årsaken til at staten har gått til anskaffelse av kjernevåpen er at India har kjernevåpen og at man ville unngå en radikal ubalanse (67).

De pakistanske kjernevåpnene har til hensikt å avskrekke utenlandske angrep, både kjernefysiske og konvensjonelle sådanne (67). Vi merker oss at Pakistan kan tenke seg å benytte kjernefysiske våpen som svar på konvensjonelle angrep (førstebruk). En slik policy er heller offensiv og skiller seg fra for eksempel Indias (se FFI-rapporten (1) om India). Pakistan er konvensjonelt underlegen India. Derfor er det logisk med en trussel om førstebruk. En konvensjonell krig mellom India og Pakistan er et scenario man typisk frykter kunne resultere i kjernefysisk eskalasjon.

Pakistan har signalisert at ønsket er en ”troverdige kjernefysisk minimumsavskrekker” (31). Betydningen av en minimumsavskrekker skal avhenge av utviklingen i Indias kjernefysiske styrker, og den kan derfor variere.

Ifølge uttalelser er de pakistanske kjernevåpnene bare ment for selvforsvar (67). Pakistan vil altså ikke utføre et førsteangrep med kjernevåpen på en annen stat.

I Pakistan inngår kjernevåpnene aktivt i den militære styrken. Pakistan vil tenkelig kunne ta kjernevåpen i bruk dersom konvensjonelle handlinger kommer til kort, og dersom det er nødvendig for statens overlevelse. De såkalte ”røde linjene” betegner grensene der overskridelse kan føre til at staten tar kjernevåpnene i bruk. Verken India eller Pakistan har gått offisielt ut med sine røde linjer.

Imidlertid skal en italiensk nedrustningsdelegasjon (fra Landau Network) ha blitt fortalt Pakistans røde linjer under en visitt til staten (ca i 2001).⁴⁷ Ifølge denne delegasjonen skal de røde linjene gå der avskrekking svikter og Pakistans eksistens er truet av India, og mer spesifikt dersom India: (42)

- a) Angriper Pakistan og underlegger seg store deler av landområdene;
- b) Ødelegger store deler av Pakistans militære land- eller luftstyrker;
- c) Utøver ”økonomisk kvelning”⁴⁸ overfor Pakistan; eller
- d) Forårsaker politisk ustabilitet eller storskala indre omstyrtelse i Pakistan.

Institusjonen National Command Authority (NCA) (opprettet 2000) skal lede planleggingen av og kommandoen over de kjernefysiske styrkene sammen med statsledelsen. Enheten Employment Control Committee under denne skal adressere bruk av kjernevåpen. Statsledelsen er også leder av Employment Control Committee. Autorisasjon fra flere personer skal være

⁴⁷ Personen som, ifølge Landau Network (42), avslørte de røde linjene, var general Khalid Kidwai. General Kidwai hadde en sentral posisjon i institusjonen som har planleggingsansvaret og kommandoen over kjernevåpnene: leder for Strategic Plans Division (SPD). SPD er én av enhetene i institusjonen National Command Authority (NCA), som har planleggingsansvaret og kommandoen over kjernevåpnene.

⁴⁸ I Landau Networks rapport (42) er det i en fotnote gitt eksempler på hva ”økonomisk kvelning” innebærer: sjøblokkade eller bortledning av elven Indus.

nødvendig før kjernefysiske våpen kan avfyres. (34) (42)

6 SPREDNING AV KJERNEVÅPENRELATERT TEKNOLOGI FRA PAKISTAN

Vinteren 2003-2004 var skandalen et faktum. Etterforskning ledet til at dr Khan innrømmet å ha solgt kjernevåpenrelatert teknologi til Iran, Nord-Korea og Libya, og til at han bad om tilgivelse for åpen skjerm. Salgene pågikk i løpet av to tiår. For kjøperne hadde det vært omtrent som å handle på IKEA, der man kjøper masse deler og setter dem sammen selv etter tegninger. Generaldirektør ved IAEA, Mohammed El Baradei, uttalte at dette var ”de mest alvorlige hendelsene vi har sett på ikke-spredningsfronten på mange år” (21).

Et gjennombrudd innen den amerikanske opprullingene av svartebørshandlere kom i oktober 2003. En forsendelse med fem containere med sentrifugekomponenter på vei til Libya ble stoppet i Middelhavet. Forsendelsen hadde blitt fulgt med spionsatellitter. Båten kom fra en fabrikk i Malaysia, som produserte sentrifugekomponenter etter den pakistanske designen P-2 (basert på Urenco). Et firma i Dubai i De forente arabiske emirater stod som mottager. Mellommennene i Dubai overførte sentrifugedelene til et tyskeid skip, merket lasten med ”brukt maskineri” og sendte den til Libya. (21) (68) (69)

Mistankene om spredning av sentrifuge-teknologi fra Pakistan til andre stater har vært kjent i lang tid. I 1988 var det meldinger i media om at Pakistan assisterte Iran innen anrikningsteknologi (10). I 1991 bestilte Iran fra Østerrike ringmagneter som indikerte at Iran var i besittelse av Urenco-designer (20). Meldinger om kjernefysiske forbindelser mellom Pakistan og Libya kom så tidlig som i 1979. I 1987 avslørte en BBC-dokumentar at Libya i 1973 gav økonomisk assistanse til Pakistans kjernefysiske program. (10) Dessuten publiserte dr Khan og hans kolleger en rekke vitenskapelige artikler på slutten av 1980-tallet som offentliggjorde tidligere hemmeligholdt informasjon om konstruksjon av anrikningssentrifuger.⁴⁹

Selv om indikasjonene var sterke, særlig i 2003, benektet Pakistan kategorisk at kjernevåpenrelatert teknologi noen gang hadde lekket ut. Høsten 2003 overleverte IAEA Pakistan et dokument der konklusjonen etter inspeksjoner i Iran var at Irans sentrifuger trolig er basert på en pakistansk design (71). President Musharraf iverksatte etterforskning. I januar 2004 kom så den første pakistanske innrømmelsen: President Musharraf mente at enkeltpersoner ansatt innen Pakistans kjernevåpenprogram kan ha solgt kjernevåpenrelatert teknologi til andre stater, sannsynligvis for egen økonomisk vinning (72). Samtidig benektet han at myndighetene har kjent til salgene. I februar 2004 gikk dr Khan ut på pakistansk TV og innrømmet salg av kjernevåpenrelatert teknologi til andre stater, men ble benådet av President

⁴⁹ I Vesten ble informasjon om anrikningsteknologi forsøkt holdt høyt gradert. Noe av informasjonen som den pakistanske gruppen gikk ut med, skal ikke ha vært tilgjengelig i annen litteratur. Ett eksempel er studier av noen komponenter hvis eksistens de Urenco-ansatte ikke engang fikk nevne (såkalte belger eller *bellows* lagd av supersterkt spesialstål, såkalt *maraging steel*). Ifølge Albright skal de pakistanske artiklene ha hjulpet andre stater (for eksempel Sør-Afrika) i deres kjernefysiske programmer. (70)

Musharraf dagen etter. Ifølge pakistanske tjenestemenn hadde han tatt på seg ansvaret for salg til Iran, Nord-Korea og Libya (20) (21) (73) (74) (75) (76) (77).

Det hemmelige nettverket for formidling av teknologi som trengs i et kjernevåpenprogram, skal ha eksistert før dr Khan kom på banen, men omfanget tok først av da han ble kjøper. Med et sugerør i statskassen hadde dr Khan ubegrenset med midler. På 1970- og 1980-tallet var det en teknologistrøm inn i Pakistan, men fra og med 1980-tallet var det en teknologistrøm ut. Det samme sofistikerte nettverket som ble brukt til å handle inn, ble brukt til å selge videre. Det har vært snakk om at nettverket skal ha bestått av mellommenn og leverandører blant annet i Pakistan, De forente arabiske emirater, Tyskland, Japan, Malaysia, Sør-Afrika, Sør-Korea, Sveits, Tyrkia, Nederland, Storbritannia, Sovjetunionen, Sør-Afrika og Nord-Korea. Alle kontakter er nok ennå ikke kartlagt. Generelt skal forsendelsene ha gått gjennom Dubai, og den sentrale personen der skal ha vært Buhary Seyed Abu Tahir. (21) (68) (78)

Vi skal nå se på hovedtrekkene for hva nettverket per mai 2004 er kjent/antatt å ha formidlet. Først ser vi på hva slags teknologi som har vært aktuell (delkapittel 6.1), deretter hvem som har vært mottagere og når (delkapittel 6.2), og til slutt kort om konsekvensene av lekkasjene (delkapittel 6.3).

6.1 Den overførte teknologien

Den primære spesialiteten til dr Khan og hans nettverk var salg av sentrifugeteknologi. Det er påvist at sentrifugedesigner, sentrifugekomponenter og ferdige sentrifuger av modifisert Urenco-teknologi er overført til Iran og Libya, og dr Khan har innrømmet salg også til Nord-Korea. På grunn av de store vanskelighetene med å få sentrifugene til å virke, skal kontakter ha bidratt med personlig assistanse. Nettverket skal i tillegg ha overlevert uranheksafluoridgass (21) (68).⁵⁰ Dr Khan og hans medhjelpere startet spredningskarrieren på midten av 1980-tallet ved å bestille flere komponenter enn hva Pakistan selv trengte, samt ved å lage flere egne deler enn behovet tilsa. Overskuddet kunne selges videre til andre. Etter hvert som Pakistan utfaset sine første P-1-sentrifuger og gikk over til den mer avanserte P-2-designen (begge basert på Urenco), kunne dr Khan og hans medhjelpere selge de gamle, brukte sentrifugene. Utfasingen er antatt å ha startet ca 1985 og vært ferdig ca 1995. Da dr Khan ble avsatt som leder for Kahuta-anlegget i 2001, ble fabrikasjon av P-2-sentrifuger startet opp i Malaysia for fortsatt å kunne betjene bestillingene. (20) (21)

I tillegg til anrikningsteknologi kjøpte Libya en kjernevåpendesign. På grunn av at Libya hadde for lite relevant teknisk kompetanse, var staten langt fra å kunne nyttiggjøre seg denne. Men dersom andre stater også har fått denne kjernevåpendesignen, kan disse ha hatt større nytte av den. Man kan spekulere i om den også inngikk i startpakkene som Iran og Nord-Korea fikk kjøpe. Per mai 2004 er det ikke meldt om beviser på dette.

Overføringen av en kjernevåpendesign er nok det aller mest alvorlige i hele skandalen. Ifølge

⁵⁰ Per mai 2004 er det uavklart hvor uranheksafluoridgassen er produsert (69).

Washington Post (32) skal eksperter som har sett tegningene, ha uttalt at kjernevåpendesignen består av detaljerte steg-for-steg-oppskrifter på hvordan komponentene i kjernevåpenet lages (gitt at våpenuran er produsert), og på hvordan de settes sammen til en ladning. Designen hevdes å være en gammel modell av en implosjonsladning, men med dyktig ingeniørkunst. Enkelte viktige deler skal ha manglet. Dokumentene skal være en salig blanding av noen papirer i god stand, noe skittent, noe trykt og noe håndskrevet. Mye skal fremstå som ”kopier av kopier av kopier”. Hoveddokumentene skal være skrevet på engelsk, mens tilleggsnotater skal være på kinesisk, ifølge Washington Post (32).

6.2 Spredning til Iran, Nord-Korea og Libya

I august 2002 ble offentligheten klar over Irans anstrengelser innen anrikning fordi en iransk opposisjonsgruppe avslørte eksistensen av et hemmelig anrikningsanlegg som var under bygging i Natanz. IAEA besøkte anlegget og fant at Iran hadde et mindre antall avanserte sentrifuger. Sentrifugene lignet på Urencos, og det var rester av høyanriket uran i dem. Dette var forbløffende. Iran hevdet at sentrifugene var egenproduserte, men benektet å ha produsert høyanriket uran selv (kjernefysiske anlegg skal deklarereres overfor IAEA før bruk). I november 2003 innrømmet staten å ha importert sentrifuger, sentrifugedesign og sentrifugekomponenter fra ”utenlandske mellommenn”: Tre tyskere, en mann i Dubai som etterforskere senere skal ha identifisert som Tahir i Dubai, og en ikke-navngitt pakistaner – som senere er identifisert som dr Khan.

Av de tre kjente kundene til dr Khans nettverk, var Iran den første. Iran har vedkjent at et anrikningsprogram ble startet opp i 1985. Avtalen om kjøp av sentrifugeteknologi ble inngått med mellommenn i 1987. Kort tid etter (1988-1989) skal Iran ha mottatt den første leveransen av sentrifugeutstyr. Leveransen bestod av Pakistans overskudd av komponenter på grunn av dobbeltbestillinger og Pakistans brukte, utfasede sentrifuger (P-1-design). Iran skal ”bare” ha fått et mindre antall sentrifugekomponenter på slutten av 1980-tallet og på starten av 1990-tallet, men nok til om lag 500 sentrifuger i perioden 1993-1995, ifølge iranske opplysninger. Også noe P-2-teknologi skal ha blitt overlevert. Assistansen representerte et gjennombrudd i Irans anrikningsprogram, og staten kunne droppe den svært krevende forskningsfasen. Irans mål skal ha vært å bygge et anrikningsanlegg (i Natanz) med 50 000 sentrifuger av P1-modell, nok til om lag 500 kg våpenuran per år. (20) (21)

Ifølge analytikerne Albright og Hinderstein (20) skal sentrifugedesignen i Iran ha blitt identifisert som en modifikasjon av den nederlandske Urenco-modellen M-4.⁵¹ Pakistans sentrifuger har aldri blitt innsisert, men ifølge Albright og Hinderstein skal etterretningsinformasjon bekrefte at designen i Iran ligner på Pakistans første design P-1 (brukt på 1980-tallet og tidlig på 1990-tallet). (20)

⁵¹ Tidligere har Albright (15) (16) derimot skrevet at Pakistan i den første perioden var antatt hovedsakelig å produsere sentrifuger etter den tyske Urenco-modellen G-1. Nå oppgir han altså den nederlandske M-4. Enkelte andre kilder (som Jane’s (21) og GlobalSecurity.org (26)) skriver også i dag at den iranske designen skal være basert på G-1.

Den andre kjente kunden var Nord-Korea, trolig i løpet av siste halvdel av 1990-tallet. Nord-Korea ønsket nok å starte uranveien fordi avtaleverket "Agreed Framework" (1994) med USA medførte at plutoniumsveien måtte fryses. I 1998 testet Pakistan missilet Ghauri I, som man forstod var en importert, nordkoreansk No Dong. Man undret seg hvordan Pakistan kunne ha råd til å kjøpe disse missilene når økonomien var så dårlig. Én mulig forklaring kunne være at missilteknologien var byttet mot anrikningsteknologi. (21) I 2001 skal satellitter ha fanget opp at et pakistansk fly tok med seg missildeler fra Nord-Korea (79). Ganske riktig skal dr Khan ha innrømmet å ha gitt anrikningsassistanse til Nord-Korea. Det er ikke kjent per mai 2004 hvor langt et eventuelt nordkoreansk anrikningsprogram har kommet og hvor anlegget i så fall befinner seg. IAEA-inspeksjon har aldri funnet sted, men i 2003 stoppet den tyske tollene aluminiumsrør fra et tysk firma på vei til Nord-Korea. Ifølge meldinger i media skal disse rørene antyde Urenco-teknologi. (18)

Den tredje kjente kunden var Libya. Handlene skal ha foregått fra 1997 til 2003.⁵² Det var etter at Libyas leder, oberst Muammar al-Gaddafi, i desember 2003 vedtok å nedlegge statens programmer for masseødeleggelsesvåpen og å gi fra seg all informasjon, at dr Khans nettverk ble endelig avslørt. Det er kjent at Libya mottok hele startpakken: Uranheksafluoridgass, flere sentrifugedesigner (både nederlandske og tyske Urenco-designer (23)), sentrifugekomponenter, flere hundre ferdige sentrifuger og til sist, men ikke minst: en kjernevåpendesign! Libya fikk først P-1-teknologien, deretter P-2-teknologien. Målet skal ha vært et anlegg med 10 000 sentrifuger. Kjernevåpendesignen ble funnet innpakket i poser fra et renseri i Islamabad. (21) (68) (78) Sønnen til Libyas leder, Saif al-Gaddafi, har i intervjuer hevdet at Libya ikke bare har kjøpt assistanse fra kilder i Pakistan og Malaysia, men også i Sør-Afrika (80). Merk at innrømmelsene hans, som også inkluderte kjernevåpendesignen, kom før dr Khans innrømmelser.

6.3 Konsekvenser

Sentrifugedesignene som dr Khan tilegnet seg ved spionasje i Nederland på midten av 1970-tallet, er altså ikke bare spredd til én stat, men også bekreftet å ha blitt spredd videre til tre nye stater. Dette understreker nok en gang at spredning av kjernevåpenteknologi fortsetter, og hvor viktig det er at det internasjonale samfunnet bruker de midlene som det har til rådighet for å hindre slik virksomhet: Internasjonal overvåkning i henhold til Ikke-spredningsavtalen, kontroll av hva som eksporteres over landegrensene, og utveksling av etterretningsinformasjon.

Dr Khan er kjent å ha hatt forbindelser til ytterligere stater. Derfor pågår spekulasjoner om det kan være flere mottagere av den sensitive teknologien. Dessuten har en mottagerstat også muligheten til selv å spre teknologien videre. Ytterligere spredning kan derfor ikke utelukkes.

I denne forbindelsen minner vi om begrepet "islamsk bombe", selv om vi mener at fokuset på det er altfor stort. (Mer i FFI-rapporten (3) med historiske, politiske og tekniske perspektiver på kjernevåpenkonflikten.) Selv om den pakistanske generalen og presidenten Mohammed Zia

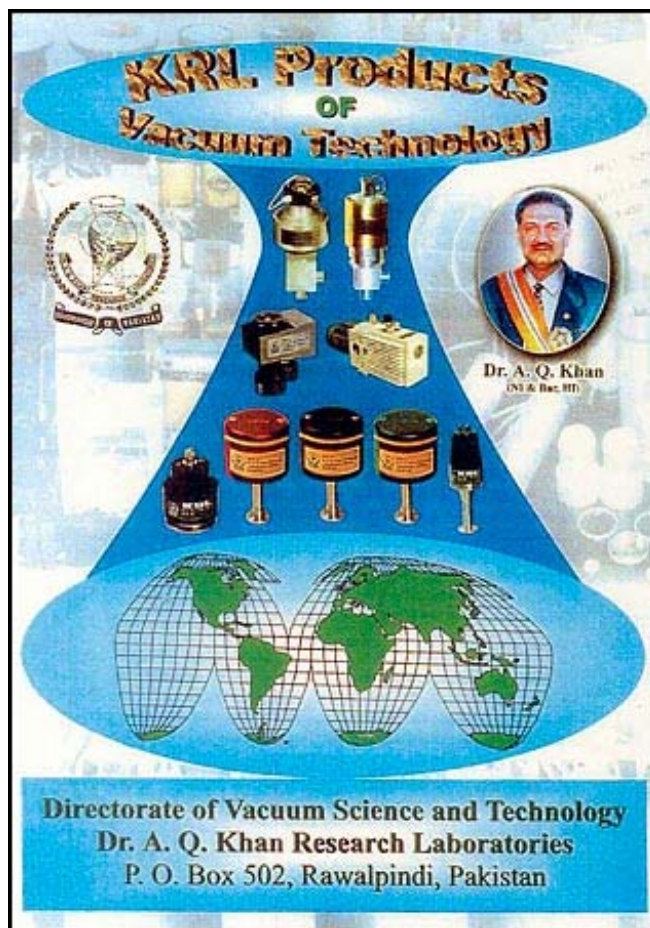
⁵² Riktignok har Libya mottatt sensitiv teknologi også i 2004, men dette skal ha vært bestilt i fortiden (69).

ul-Haq⁵³ avviste begrepet, er en uttalelsen fra 1986 velsitert: ”Det er vår rett å erverve oss [kjernevåpen-] teknologi. Og når vi får denne teknologien, skal hele den islamske verden ha den sammen med oss.” (3) (10)

Pakistan benekter (per mai 2004) at Regjeringen eller militæret noen gang har kjent til eller vært involvert i spredning av kjernevåpenrelatert teknologi. Dette skal være enkeltpersoners initiativer. En uavhengig avklaring mangler. Man kan undre seg over hva som egentlig er verst: Om teknologien ble spredt med eller uten statsledelsens viten/samtykke?

Vi bemerker at det skal eksistere en brosjyre fra dr Khans Kahuta-laboratorium som angivelig tilbyr sentrifugeteknologi. Se Figur 6-1 og Figur 6-2. Den angivelige brosjyren har tittelen ”KRL Products of Vacuum Technology”.⁵⁴ Forsiden er merket med ”Government of Pakistan” og et segl, i tillegg til et bilde av dr Khan. Blant annet den britiske forsvarsressursen Jane’s (21) hevder å være i besittelse av brosjyren. Jane’s skal ha fått den på en forsvarsutstilling i den pakistanske byen Karachi i november 2000. De ansatte som delte den ut, skal ha forsikret at eksporten var godkjent av Regjeringen. Ifølge dem som har lest brosjyren, skal det være liten tvil om hva tilbudet dreier seg om – med tekst som ”kjernefysisk relaterte produkter” og ”ferdige ultrasentrifuge-maskiner”. Selv om man bør være skeptisk til slike angivelige ”beviser”, har seriøse media gått såpass god for denne brosjyren at faksimiler har blitt gjengitt i Bulletin of the Atomic Scientists (81), The New York Times (82) og Jane’s (21).

Å lage fissilt materiale anses å være det aller mest krevende innen et kjernevåpenprogram, og anrikning anses å være mye vanskeligere enn gjenvinning. En stat som mottar design for sentrifugeteknologi, slipper å gå gjennom den ekstremt krevende forskningsfasen. Mange stater vil nok være avhengig av utenlandsk assistanse for å klare å anrike. Det er derfor svært skuffende for ikke-spredningsregimet at

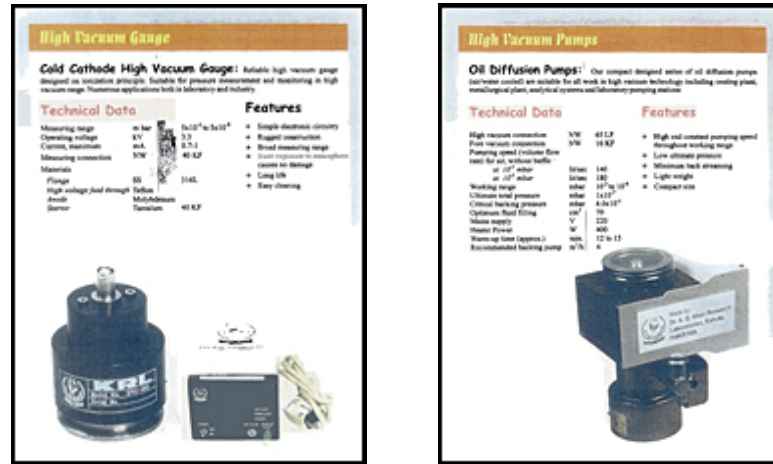


Figur 6-1 Forsiden til den angivelige salgsbrosjyren for sentrifuge-teknologi. Gjengitt hos The New York Times (82), Bulletin of the Atomic Scientists (81) og Jane’s (21).

⁵³ Muhammad Zia ul-Haq var sjef for Hæren og ledet militærkuppet mot president Ali Bhutto i 1977, og han var selv president fra 1978 til han omkom i flystyrt i 1988. Islamiseringen av Pakistan var et kjernepunkt i president Zias politikk.

⁵⁴ Forkortelsen KRL står for ”Kahuta Research Laboratories”. Se kapittel 3.

teknologien har blitt spredt. Spredning av en kjernevåpendesign er også svært alvorlig. Denne gir en oppskrift på et masseødeleggelsesvåpen. Dersom våpenuran er tilgjengelig, vil det være mer oppnåelig for flere aktører å fabrikkere en kjernefysisk ladning enn om designen ikke var tilgjengelig.



Figur 6-2 Angivelig to sider i salgsbrosjyren. Hentet fra Bulletin of the Atomic Scientists (81).

7 OPPSUMMERING OG KOMMENTARER

Da Pakistan prøvesprengte i 1998 kom staten ”ut av skapet” og beviste det som var vanlig å anta: At Pakistan var i stand til å lage velfungerende fisjonsvåpen. Den demonstrerte sprengkraften var relativt beskjeden: Trolig mindre enn 10 kt. Av dette er det nærliggende å slutte at kanskje de fleste av de pakistanske kjernevåpene har relativt lav sprengkraft. Men det kan også godt tenkes at noen er kraftigere. Prøvesprengningene kan nemlig ha testet deler av designer, prinsipper, eller færre designer enn hva staten kanskje kan være i besittelse av, og resultatene kan i ettertid ha vært brukt til å forbedre teknologien. (2)

Pakistan er en stat som i alle trinn i sitt kjernefysiske program skal ha gjort nytte av utenlandsk kompetanse. Kompetanseoverføringen har vært i form av lovlig utenlandsk assistanse, import eller smugling av utstyr og komponenter, samt sannsynlig spionasje. Det er bredt akseptert at gjennombruddet i programmet kom etter spionasje mot det vesteuropeiske anrikningskonsortiet Urenco, da Pakistan fikk tak i sentrifugedesigner. Kina er en stat som antas å ha gitt betydelige bidrag ved frivillig assistanse. Ifølge amerikanske opplysninger fra 1983 skal Kina til og med ha overført en kjernevåpendesign. (Delkapitlene 2.2 og 3.5.)

Både uranveien og plutoniumsveien er fullført i Pakistan. Uavhengige analytikere antar som regel at anrikningsanlegget i Kahuta kan produsere 80 – 140 kg uran av våpenkvalitet per år. En slik årlig produksjon er nok til kanskje 4 – 7 fisjonsvåpen. Status for de andre mulige anrikningsanleggene er usikker. Da Pakistan i 1998 fikk den ikke-overvåkede tungtvannsreaktoren Khushab i drift, fikk staten for første gang muligheten til å produsere plutonium til bruk i kjernevåpen. Khushab er antatt å kunne produsere 8 – 13 kg plutonium

årlig, nok til 1 – 2 fisjonsvåpen. Gjenvinningskapasiteten antas å være tilstrekkelig for å håndtere dette. Vi estimerer at det sammenlagt kan ha vært produsert nok fissilt materiale i Pakistan til 50 – 85 kjernevåpen per utgangen av 2003, og nok til 55 – 90 kjernevåpen per utgangen av 2004. (Kapittel 4.)

Store deler av mengden med fissilt materiale er inkorporert i stridshoder, men kanskje ikke hele. Basert på åpne kilder med militære helhetsvurderinger antar vi at antallet kjernevåpen i Pakistan er 30 – 65 stykker per utgangen av 2003, og 30 – 70 stykker per utgangen av 2004. (Delkapittel 5.1.) Antallet stridshoder er relativt lite og langt mindre enn hos de anerkjente kjernevåpenstatene.

Pakistan har uttalt en vilje til førstebruk, men kun i selvforsvar. Det vil si at staten kan tenke seg å svare med kjernevåpen på et konvensjonelt angrep. (Delkapittel 5.3.) Vi tror at antallet kjernevåpen er for lite til i et førsteangrep sikkert å kunne ødelegge en annen stats kjernefysiske gjengjeldelsesevne. Dersom Pakistan tar kjernevåpen i bruk, må staten regne med gjengjeldelse.

Evnen til kjernefysisk slagkraft synes å være i noenlunde balanse mellom Pakistan og India, da vi antar at India hadde om lag 30 – 40 stridshoder per utgangen av 2003 (1). I en hypotetisk kjernevåpenkrig vil ingen av de to statene kunne vinne uten store egne tap. Dersom Kina skulle blande seg inn i konflikten, vil Kina og Pakistan sammen med stor margin være overlegne India.⁵⁵

Konvensjonelt er det en ubalanse mellom India og Pakistan, der den minst befolkede staten Pakistan er den underlegne part. Den tradisjonelle frykten er om Pakistan i en eventuell ny konvensjonell krig skulle gå mot tap og se på kjernevåpnene som eneste utvei. Statens uttalte vilje til førstebruk gjenspeiler den konvensjonelle svakheten.

Pakistan har lenge vist interesse for både små og store mengder tritium, noe som antyder interesse for nøytrongeneratorer og boostede fisjonsvåpen (også kalt avanserte fisjonsvåpen eller tritiumforsterkede kjernevåpen). Siden den overvåkede forskningsreaktoren PARR-1 kom i drift i 1965, har Pakistan hatt muligheten til å bestråle litium-6 til tritium. Interessen for tritiumseparerende anlegg har vært kjent siden en ulovlig import i 1987. Vi skal ikke se bort fra at Pakistan behersker teknikken med boosting. (Delkapittel 3.4.)

Pakistans kjernevåpen er trolig teknisk mindre avanserte enn de indiske, og heller mer fokusert på praktisk utnyttelse. Samtidig er det ikke urimelig å tenke seg at Pakistan ønsker å minske gapet, og at de pakistanske kjernevåpnene i fremtiden blir mer avanserte. Det kan være at staten har et ønske om å foreta flere kjernefysiske prøvesprengninger. Hvis India prøvesprenger, vil vi nok se Pakistan følge etter både av tekniske og politiske årsaker. Mulige forskningsområder for Pakistan kan være boosting, plutoniumsimplosjon, termonukleære ladninger m m. Imidlertid ble det politisk bekreftet et gjensidig prøvesprengningsforbud (med mindre man skulle bli utsatt for en ekstraordinær trussel) under de fredsfremmende samtaleene i juni 2004 (84) (85).

⁵⁵ Kina antas å ha rundt 400 stridshoder (83).

Pakistan har fly og landbaserte missiler som kan levere kjernevåpen. Missilene Ghauri II og Shaheen II har lengst rekkevidde med 2 000 – 2 500 km, det vil si tilstrekkelig for å ramme alle deler av India. (Delkapittel 5.2.)

Fra et sikkerhetsperspektiv er det de pakistanske kjernevåpnene som bekymrer mest i verden. Etter terrorangrepene mot USA 11. september 2001 ble det rettet ny fokus mot Pakistans kjernevåpen, og om de egentlig er godt nok bevoktet. Man frykter at de ikke skal være trygge for terrorister eller utro tjenere.

I februar 2004 ble det bekreftet at ”den pakistanske bombens far”, dr A Q Khan, i stor stil har solgt kjernevåpenrelatert teknologi til Iran, Nord-Korea og Libya. Etter sigende skal pakistanske myndigheter ikke ha vært klar over det. Overføringene inkluderer sentrifugedesigner, sentrifugekomponenter, ferdige sentrifuger (alt basert på Urenco), uranheksafluoridgass og ikke minst en kjernevåpendesign⁵⁶. Dette understreker nok en gang at spredning av kjernevåpenteknologi fortsetter, og hvor viktig det er at det internasjonale samfunnet bruker de midlene som det har til rådighet for å hindre slik virksomhet: Internasjonal overvåkning i henhold til Ikke-spredningsavtalen, kontroll av hva som eksporteres over landegrensene, og utveksling av etterretningsinformasjon.

Vi ser på det som lite trolig at Pakistan i nærmeste fremtid vil slutte seg til Ikke-spredningsavtalen som ikke-kjernevåpenstat. Staten har flere ganger tatt avstand fra avtalen. Omskriving for å inkludere Pakistan (og India) kan være risikabelt fordi avtalen kan bli svekket, og fordi andre stater kan bli oppmuntret til kjernevåpenutvikling.

⁵⁶ Per mai 2004 er Libya den eneste staten som er bekreftet mottager av en kjernevåpendesign.

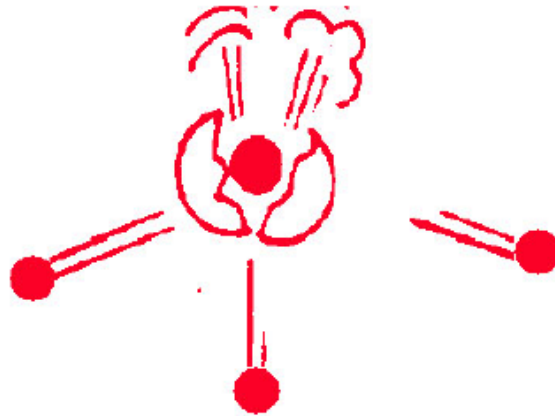
APPENDIKS

A TEKNISK GRUNNLAG FOR KJERNEFYSISKE VÅPEN

For lesere som ikke allerede er kjent med fagområdet kjernevåpen, gis her et teknisk grunnlag for teorien om produksjon av fissilt materiale, og design og bygging av kjernevåpen.

A.1 Introduksjon og hovedtrekk for bygging av kjernefysiske ladninger

Å bygge kjernefysiske ladninger fra grunnen av er et omfattende, ekstremt dyrt og teknisk krevende arbeid. Det vil sysselsette minst flere hundre forskere og ingeniører i mange år og kreve milliardinvesteringer.

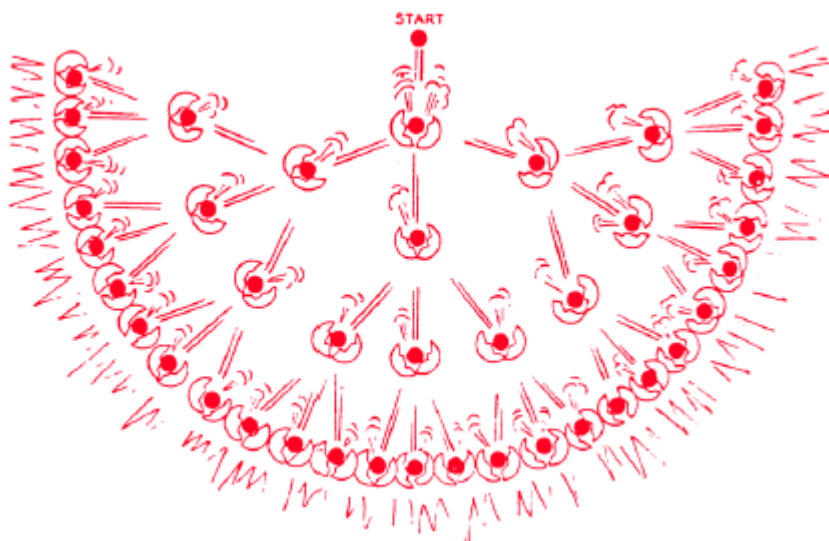


Figur A-1 Én fisjon. Et nøytron spalter en kjerne, og tre nye nøytroner sendes ut. Figuren er hentet fra FFI-rapporten S-1 (86).

En *fisjon* (se Figur A-1) er en spaltning av en tung atomkjerne. Energi og typisk to til tre frie nøytroner frigjøres. En *kjedereaksjon* (se Figur A-2) forekommer når nøytroner som frigjøres i én fisjon, induserer i gjennomsnitt minst én ny fisjon, slik at fisjonsprosessene opprettholdes. Materiale som kan opprettholde en kjedereaksjon, kalles *fissilt materiale* (eller *spaltbart materiale*). Alle kjernevåpen må ha fissilt materiale.

Kritisk masse er minimumsmassen fissilt materiale som kreves for å få kjedereaksjon. For å få en kjernefysisk eksplosjon må vi minst ha kritisk masse. Kan kjedereaksjon foregå, er materialet *kritisk* (én ny fisjon kan induseres i gjennomsnitt) eller *overkritisk* (mer enn én). Begrepene *kritikalitet* og *overkritikalitet* benyttes også.

De vanligste (og nyttigste) fissile materialene er uran-235 og plutonium-239. Tallet indikerer antallet partikler (protoner pluss nøytroner) i urankjernen. En urankjerne med et bestemt antall kjernepartikler, kaller vi en *isotop*. Én uranisotop er uran-235, mens uran-233 og uran-238 er andre uranisotoper. Plutonium har også flere isotoper.



Figur A-2 En kjedereaksjon. Nøytronene fra én fisjon, forårsaker nye fissioner i andre kjerner. Figuren er hentet fra FFI-rapporten S-1 (86).

Det mest omfattende i prosessen med å utvikle kjernevåpen er å produsere fissilt materiale. Man må bygge enten et anrikningsanlegg (for tilegnelse av uran-235); eller én kjernefysisk reaktor og ett gjenvinningsanlegg (for tilegnelse av plutonium-239).

Dersom man skal lage én eller flere kjernefysiske ladninger, vil arbeidet inkludere følgende hovedtrekk:

1. Å produsere fissilt materiale;
2. Å foreta eksperimenter;
3. Å lage en design (på papiret) for den kjernefysiske ladningen (mer om design i appendiks A.4);
4. Å bygge ladningen etter designen; og
5. Helst å foreta kjernefysiske prøvesprengninger for å bekrefte designen før serieproduksjon iverksettes.

Hypotetiske snarveier er om en annen stat gir fra seg designen eller et ferdig våpen, eller om en aktør lykkes med å kjøpe eller stjele ferdig fissilt materiale eller en ferdig kjerneladning.

Det er nødvendig å tilegne seg svært mye eksperimentell erfaring og ingeniørkompetanse. Eksperimenter som må utføres, er blant andre:

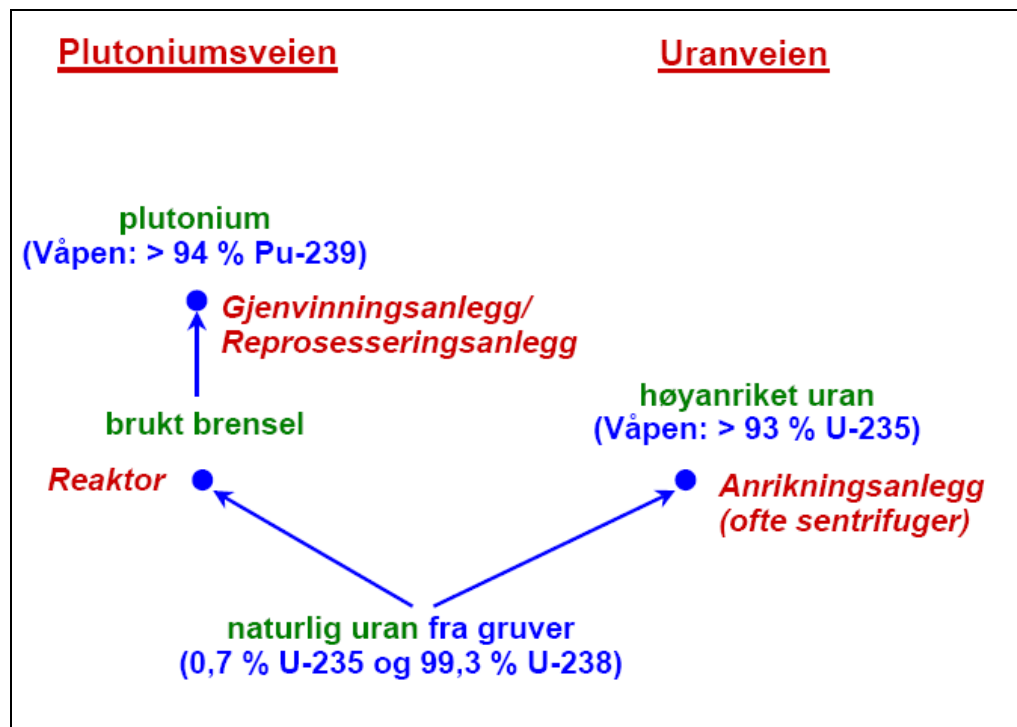
- Fysikk eksperimenter med fissilt materiale, for å kartlegge egenskapene til uran og/eller plutonium;
- Eksperimenter som tester ut de konvensjonelle delene i ladningen;
- Andre ikke-fissile eksperimenter som sannsynliggjør at designen fungerer.

A.2 Å lage fissilt materiale

Å fremskaffe fissilt materiale er som nevnt den største hindringen i et kjernevåpenprogram. Man følger *uranveien* (kjernefysiske ladninger basert på uran-235) eller *plutoniumsveien* (kjernefysiske ladninger basert på plutonium-239).

Begge muligheter starter med behandling av naturlig uran. Staten må ha en uranåre (eller skaffe naturlig uran på annet vis). Den aspirerende staten må opprette en urangruve og hente ut uranmalmen. Uranmalmen består typisk av under 1 % naturlig uran. Malmen må sendes til uranutvinning (i en såkalt *uranium mill*) for å fjerne forurensningene. Uranutvinning består av mekaniske og kjemiske prosesser, der uranet til slutt bunnfelles som såkalt uranoksidkonsentrat eller urankonsentrat (*yellow cake*): en ikke-støkiometrisk forbindelse kalt U_3O_8 .

Prosessen videre avhenger av om staten velger uranveien eller plutoniumsveien. Se skjematisk oversikt i Figur A-3.



Figur A-3 Skjematisk oversikt over hovedstegene innen henholdsvis plutoniumsveien og uranveien.

A.2.1 Uranveien

Naturlig uran består av 0,7 % av isotopen uran-235 og resten hovedsakelig uran-238. Uran-235 er fissilt og kan benyttes som brensel i kjernevåpen. Uran-238 er *fisjonerbart*, men ikke fissilt. Det vil si at enkelte energifrigjørende fisjoner kan forekomme (for høyenergetiske nøytroner), men at kjedereaksjon ikke kan opprettholdes. (87) Uran-238 er ikke kjernevåpenbrensel. Disse forskjellige egenskapene til uran-235 og uran-238 kommer av antallet partikler i deres kjerner og hvordan disse partiklene vekselvirker med hverandre. For uranveien må uranet *anrikes*, det

vil si at andelen uran-235 i materialet må økes på bekostning av uran-238.

Urankonsentratet vil ofte bli omdannet til uranheksafluorid (UF_6) i et annet anlegg. Denne forbindelsen blir så behandlet i et anrikningsanlegg, der anrikning foregår i stor skala. Anrikning er en teknisk og ingeniørmessig svært vanskelig prosess og det største hinderet for kjernevåpenutvikling. Detaljene i designen av anrikningsanleggene forsøkes hemmeligholdt.

Anrikning baserer seg på at uran-238 har flere partikler i kjernen og dermed høyere masse enn uran-235. De to viktigste prosessene som er i bruk i dag, er diffusjonsanrikning (*gaseous diffusion enrichment*) og sentrifugeanrikning (*ultra-centrifuge enrichment* eller *gas centrifuge enrichment*).

Ved diffusjonsanrikning blir gassen sendt gjennom en rekke porøse membraner. Uran-235, med minst masse, passerer raskere. Etter en membran vil gassen være mer anrikt i uran-235 enn før. Anrikt gass sendes videre til neste trinn, og utarmet gass sendes tilbake til forrige trinn. Til slutt har man en høyt anrikt gass.

Ved sentrifugeanrikning sendes gassen inn i en rekke rør (sentrifuger), som roterer rundt med et svært høyt turtall. Uran-238-kjernene, med størst masse, legger seg nærmere sentrifugens sylindervegg enn uran-235-kjernene. Prosessen gjentas i mange trinn. Ett sentrifugeanlegg vil ofte bestå av flere tusen sentrifuger.

Den anrikede uranheksafluoridgassen må deretter omdannes til metallisk uran. Etter denne behandlingen og tilstrekkelig anrikningsgrad (over 90 % (15)) har man fått anrikt uran av våpenkvalitet, såkalt *våpenuran*, som egner seg godt for kjernevåpenbruk.

Andre klassifiseringsgrupper er *lavanrikt uran* (mer enn 0,7 % og mindre enn 20 % uran-235) og *høy-anrikt uran* (mer enn 20 % uran-235).

A.2.2 Plutoniumsveien

Dersom man går for plutoniumsveien, vil urankonsentratet U_3O_8 bli sendt til et renseanlegg (*uranium purification plant*) for å øke renhetsgraden.

Uranet blir deretter omgjort til brensel-elementer i et anlegg som produserer slike. Reaktorer som kan drives av naturlig uran, er tungtvannsmodererte⁵⁷ reaktorer eller gasskjølte-grafittmodererte reaktorer. (Moderering kreves for at kjedereaksjonen skal gå. Mer om reaktorer og moderatorer i appendiks A.3.) Disse genererer mer og bedre plutonium enn reaktorer som drives av lavanrikt uran og modereres av lettvann ("vanlig" vann). For å kjøre reaktoren må staten skaffe seg tungtvann eller reaktorgrafitt. Staten bør derfor helst ha egne anlegg for å produsere minst én av delene.

⁵⁷ Tungtvann er vann som har hydrogenisotopen deuterium (også kalt hydrogen-2) (som har ett nøytron) i seg, i motsetning til "vanlig" vann, som består av "vanlig hydrogen" (ingen nøytroner). "Vanlig" hydrogen kan kalles hydrogen-1 og er den letteste av alle isotoper.

Nøytroner kan absorberes av uran-238-kjernene. Dette fører etter hvert til dannelse av plutonium-239. Ut av reaktoren kommer brukt brensel, der en liten andel plutonium fins blant ikke-forbrukt uran og store mengder radioaktive avfallsstoffer. Et gjenvinningsanlegg (*reprocessing plant*) er nødvendig for å separere plutoniumet (og andre stoffer av interesse) fra det brukte brenselet. Separasjonen er en avansert kjemisk prosess i mange trinn, og den krever strenge sikkerhetstiltak på grunn av den radioaktive strålingen. Selv om den kjemiske fremgangsmåten ble avgradert på 1950-tallet, er den ingeniørmessige og strålingsmessige vanskelighetsgraden fremdeles et viktig hinder for kjernevåpenspredning. Det antas at mange av statene som har forsøkt plutoniumsveien i sin kjernevåpenproduksjon, har fått utenlandsk assistanse i prosessen (9). India og Pakistan er blant dem som har fått assistanse.

Plutoniumet, som skilles ut i gjenvinningsprosessen, er enten såkalt *reaktorplutonium* eller såkalt *våpenplutonium*. (Man kan også si plutonium av *reaktorkvalitet* og plutonium av *våpenkvalitet*.) Reaktorplutonium fås hvis brenselet er lenge i reaktoren og mottar høy nøytronbestråling. Slikt plutonium er mindre bra for kjernevåpenbruk. Ved normal reaktordrift fås reaktorplutonium. Reaktorer som skal lage våpenplutonium, må skifte brensel langt oftere. Er hensikten våpenproduksjon fremfor elektrisitetsproduksjon, kreves derfor at staten investerer i større brenselsfabrikasjon.

Forskjellen på reaktorplutonium og våpenplutonium er at våpenplutonium nesten bare består av isotopen plutonium-239 (typisk mer enn 93 % (15)), mens reaktorplutonium har en større andel av tyngre plutoniumsisotoper. De tunge isotopene lages ved at plutonium-239 tar opp et nøytron og danner plutonium-240, som igjen ved nøytronopptak kan danne isotopen plutonium-241 og så videre.

Årsaken til at plutonium-239 er mest gunstig er at denne isotopen langt sjeldnere enn de tyngre isotopene undergår såkalt *spontane fisjoner* (22). Dette stiller strengere krav til kompresjonshastigheten i våpenet, ellers kan frie nøytroner sette i gang en kjedereaksjon før våpenet er ment å gå av. Med reaktorplutonium kan man få altså *predetonasjon* – en detonasjon på feil tidspunkt og med lavere sprengkraft enn ønsket. Dessuten gjør mer radioaktivitet produksjonsfasen vanskeligere. Reaktorplutonium er nok av mindre interesse for kjernevåpenutvikling blant statlige aktører om de også er i stand til å lage våpenplutonium. Alt plutonium kan imidlertid fås til å eksplodere kjernefysisk.

A.3 Reaktorer

Her kommenteres de forskjellige reaktortypene. Alle reaktorer produserer plutonium. Derfor er det ønskelig om Det internasjonale atomenergibyrået (IAEA) i Wien kunne ha overvåket alle verdens reaktorer.

I en reaktor er kjedereaksjonen kontrollert. Antall fisjoner per tidsenhet er konstant, i motsetning til i et kjernevåpen, der antallet fisjoner per tid øker eksplosivt.

Reaktorer deles inn i to kategorier: *termiske* eller *hurtige* reaktorer.

I de termiske reaktorene vil en *moderator* gjennom kollisjoner bremse nøytronene til om lag samme energi som atomkjernene i moderatoren. Nedbremsingen øker sannsynligheten for at nøytronene vil forårsake fisjon (og energifrigjøring) i uran-235-kjernene i brenselet. Det er tre hovedtyper termiske reaktorer: 1) lettvannsmodererte, 2) tungtvannsmodererte og 3) gasskjølte-grafittmodererte reaktorer. I de to første brukes vannet både som moderator og til å kjøle systemet.

Den vanligste typen reaktor er den lettvannsmodererte. Denne krever uranbrensel som er anriket. Årsaken er at lettvann har en relativt høy evne til å absorbere nøytroner, og at man derfor får et nøytronsvinn. Denne reaktoren fins i to utgaver: *trykkvannsreaktoren* (Pressurized Water Reactor, PWR) eller *kokvannsreaktoren* (Boiling Water Reactor, BWR). Forskjellen er at i trykkvannsreaktoren settes opp et så høyt trykk at moderatorvannet i reaktortanken ikke koker, mens i kokvannsreaktoren får vannet koke.

Tungtvannsmodererte reaktorer (Heavy Water Reactor, HWR) kan drives av naturlig uran, fordi tungtvann har lavere evne til å absorbere nøytroner. Men fordi tungtvann har en dårligere evne til å moderere nøytronene, kreves større mengder væske. Reaktorene blir større. De fleste tungtvannsmodererte reaktorene er under trykk, og de kalles trykk tungtvannsmodererte reaktorer (Pressurized Heavy Water Reactor, PHWR).

Når hensikten er å produsere plutonium for kjernevåpen, er reaktorer som går på naturlig uran og modereres av tungtvann, de beste. Naturlig uran har høyest andel av isotopen uran-238, som kan gi plutonium. Tungtvann har relativt lav absorpsjon av nøytroner. Lav nøytronabsorpsjon gjør at flere nøytroner er tilgjengelig for å bestråle uran-238.

Den modererende evnen til grafitt er noe lavere enn den til tungtvann, men likevel ganske god. Naturlig uran kan benyttes i gasskjølte-grafittmodererte reaktorer. Denne type reaktor er også aktuelle for plutoniumsproduksjon til kjernevåpen.

En trykk tungtvannsmode ll som er velegnet for våpenproduksjon, er CANDU-reaktoren. Ironisk nok kan navnet høres ut som "can do" ("kan gjøre"). *CANDU* står for "CANadian Deuterium Uranium Reactor". Spesielt for CANDU-reaktorer er at brenselet skiftes kontinuerlig uten at reaktoren må stenges av. Siden produksjon av våpenplutonium krever hyppig brenselsskifte, er det en fordel at reaktoren ikke må stenges av. Man unngår at elektrisitetsproduksjonen blir forstyrret. Derfor kan operatøren enklere i hemmelighet produsere våpenplutonium i en ikke-overvåket CANDU-reaktor.

I den hurtige reaktoren er det ingen moderator som bremser nøytronene. Hurtige nøytroner har mye mindre evne til å indusere fisjon (både i uran og plutonium) enn sine termiske kolleger (22). Derfor må mengden fissilt materiale være større enn hos andre reaktortyper. Ett mulig brensel kan være plutoniumoksid.

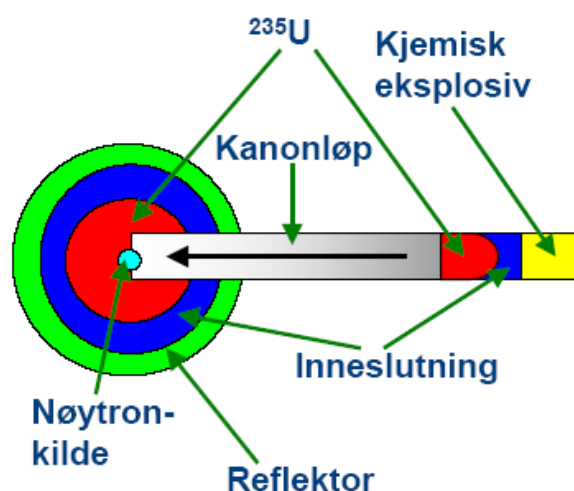
Én type hurtig reaktor er *formeringsreaktoren* (Fast Breeder Reactor, FBR). Navnet kommer av at den har evnen til å produsere mer plutonium enn den forbruker. Brenselet er ofte *MOX* med en kappe av uran-238 rundt. *MOX* står for "Mixed Oxide Fuel" og er en blanding av fissile oksider, som for eksempel 20 % PuO_2 og 80 % UO_2 . Når reaktoren går, produseres plutonium i kappen og i *MOX*-brenselet. (Igjen prosesser som starter ved at uran-238 tar opp et nøytron.)

Den siste typen reaktor vi skal introdusere, er *thoriumreaktoren*. Denne utnytter naturlig thorium som vi finner i naturen: thorium-232. Analogt med at uran-238 ved opptak av ett nøytron starter en prosess som gir plutonium-239, starter thorium-232 ved opptak av ett nøytron en prosess som gir den fissile isotopen uran-233. Thoriumsreaktoren må ha fissilt materiale i brenselet i utgangspunktet, men deretter vil den danne sitt eget fissile materiale (uran-233) ved bestråling av thorium. Så vil uran-233 drive reaktoren. (22)

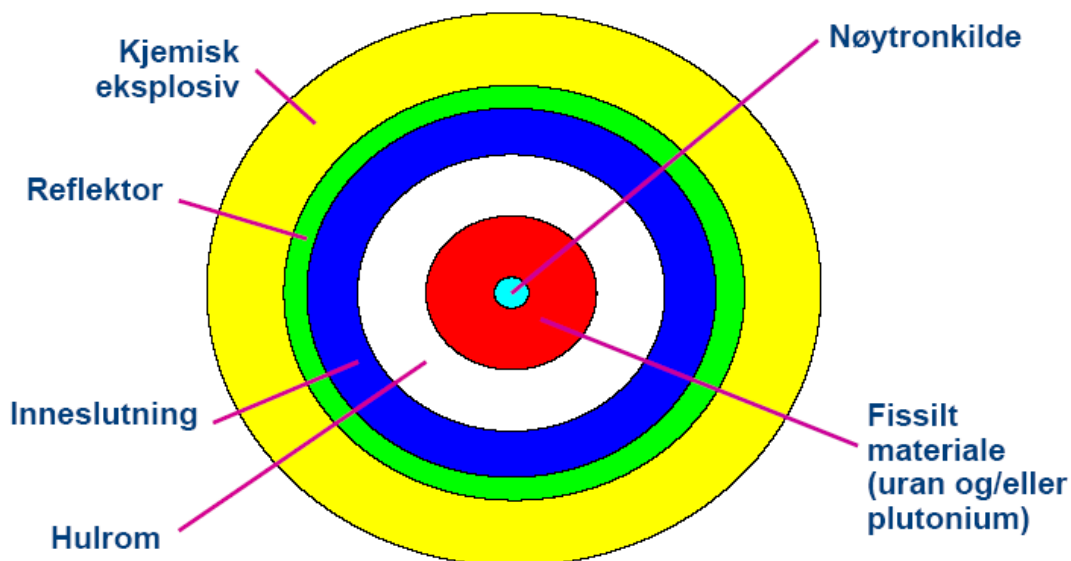
A.4 Design av kjernefysiske ladninger (fysikkpakker)

Kjernefysiske ladninger er enten *fisjonsladninger* eller *termonukleære ladninger*. Termonukleære ladninger kalles også *fusjonsladninger* (eventuelt *hydrogenbomber*). Begrepene "fusjons-" og "termonukleær" kan benyttes om hverandre. I det følgende beskrives kort begge de to kategoriene ladninger.

Av fisjonsdesign er det to typer: *kanonløpsdesign* (se Figur A-4) og *implosjonsdesign* (se Figur A-5). Kanonløpsdesignen fungerer ved at biter av våpenuran skytes sammen i et kanonløp, og det skapes forhold som kan gi kjedereaksjon. En slik tilstand kalles "overkritikalitet". Plutonium kan ikke brukes i denne typen fisjonsvåpen, fordi sammenføringen er en relativt langsom prosess og plutonium har en spontan fisjonsrate som er for høy. Risikoen for predetonasjon (og dermed lav sprengkraft) blir for stor hvis man benytter plutonium i et kanonløpsvåpen.



Figur A-4 Skjematisk skisse av kanonløpsdesignen.



Figur A-5 Skjematisk skisse av implosjonsdesignen.

For implosjonsdesignen komprimeres (*imploderes*) en underkritisk kule av våpenuran og/eller våpenplutonium til overkritikalitet før detonasjon. Kjemiske høyeksplosiver rundt kulen forårsaker den innoverrettede eksplosjonen. Det er svært viktig at implosjonen blir presist jevn. Ellers kan man få en såkalt *fizzle* (en detonasjon med lavere sprengkraft enn forventet), eller ingen eksplosjon i det hele tatt. Presis implosjon er vanskeligere å få til enn å skyte to masser sammen. Implosjonsdesignen er derfor teknisk mer avansert enn kanonløpsdesignen.

Såkalte *nøytronkilder* brukes for å sende ut nøytroner som kan starte kjedereaksjonen på det mest optimale tidspunktet. Én type nøytronkilde er polonium-210/beryllium-9-typen. Polonium er en alfaemitter, mens beryllium stråler ut nøytroner ved opptak av alfapartikler. De tidligste amerikanske kjernevåpnene benyttet denne typen nøytronkilde, men i dag benyttes trolig andre typer.

Anordningene (ladningene) som er beskrevet ovenfor (inkludert det kjemiske høyeksplosivet og tenningsystemene ytterst), kalles ofte *fysikkpakker*.

Kanonløpsdesignen er altså relativt enklere å lage, men er sjelden brukt av kjernevåpenstatene i dag. Implosjonsdesignen vil ofte foretrekkes fremfor kanonløpsdesignen fordi

1. Den muliggjør bruk av plutonium;
2. Sprengkraften blir større hvis operasjonen lykkes; og
3. Ladningen kan lages lettere fordi kritisk masse senkes på grunn av at:
 - Plutonium har lavere kritisk masse enn uran; og
 - Implosjonen vil føre til en økning av massetettheten.
4. Ladningen holdes sammen i flere generasjoner.

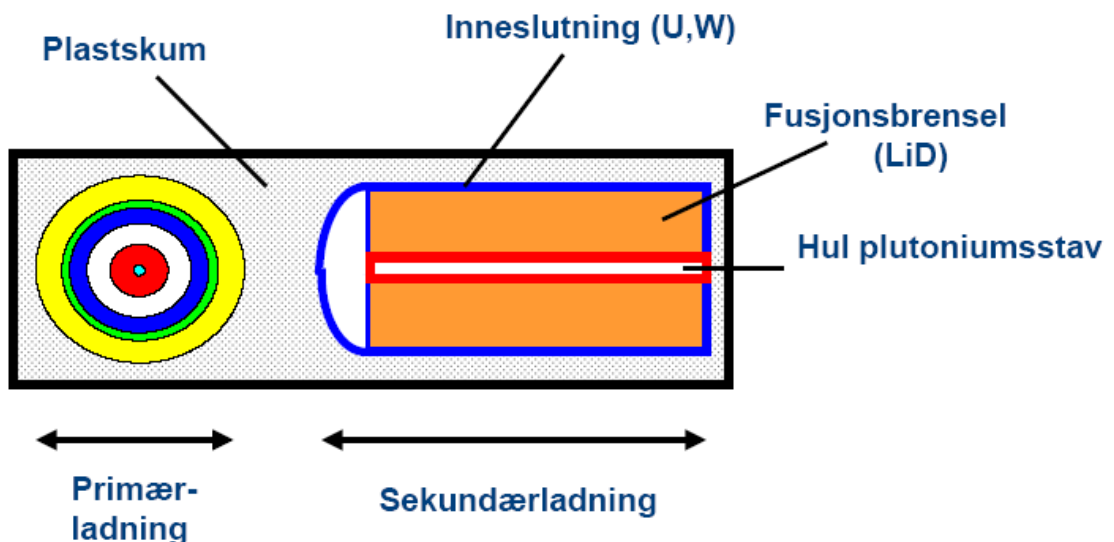
En gitt implosjonsladning kan få sin sprengkraft forsterket ved å tilsette noen få gram av en

blanding av hydrogenisotopene deuterium og tritium (*boost gas*). Den høye massetettheten og temperaturen vil få hydrogenkjernene til å smelte sammen. En slik sammensmelting kalles *fusjon*. Fusjonen mellom deuterium og tritium skaper energirike nøytroner, slik at antallet fisjonsprosesser i den gitte mengden fisjonsmateriale kan bli langt større. Slik får fisjonsladningen enda større sprengkraft. Fisjonsladninger som har tilsatt små mengder deuterium og tritium, kalles *boostede*⁵⁸, *avanserte eller tritiumforsterkede* fisjonsladninger.⁵⁹ Med boosting kan sprengkraften til ladningen økes, eller ladningen kan gjøres lettere uten at sprengkraften blir lavere (fordi mengden fissilt materiale kan reduseres).

Sprengkraften til kjernefysiske eksplosjoner oppgis i enheter av *kilotonn (kt)* og angir hvor mange tusen tonn konvensjonelt sprengstoff (TNT) man måtte ha benyttet for å få samme sprengkraft. For sammenligning hadde bomben som ble sluppet over Hiroshima i 1945, en sprengkraft på 13 kt.

En *lavytelsesladning (low-yield device)* har liten sprengkraft og kan være en taktisk ladning. Ofte vil den defineres til å ha sprengkraft mindre enn 5 kt. En *subkilotonnladning (subkiloton device)* har en sprengkraft på mindre enn 1 kt. Sprengkraften er lav fordi kjedereaksjonen stopper tidligere enn i andre kjernefysiske eksplosjoner.

De kjernefysiske ladningene som har potensielt størst sprengkraft, er de termonukleære ladningene. Vi antar at den termonukleære designen omtalt som *Teller-Ulam* (eller modifikasjoner av den) (se Figur A-6), sannsynligvis er basis for kjernefysiske ladninger med høy sprengkraft i dag.



Figur A-6 Skisse av hvordan man i dag tenker seg at Teller-Ulam-designen er bygd opp.

⁵⁸ Boostet: etter engelsk for "forsterket".

⁵⁹ Merk at tilsetningen av den lille mengden fusjonsmateriale ikke gjør at ladningen kan kalles en termonukleær ladning eller fusjonsladning. (Disse ladningstypene omtales senere i dette appendikset.)

Selv om Teller-Ulam-designen aldri har blitt offisielt bekreftet, er det gjengs oppfatning at den består av to separate ladninger: én primærladning og én sekundærladning. Designen er altså tottrinns.⁶⁰ Primærladningen er en fisjonsladning (av implosjonstype) som detoneres først. Sekundærladningen består typisk av ytterst en såkalt *inneslutning* (gjerne av utarmet uran eller wolfram), deretter hovedbestanddelen, som er fusjonsmateriale (litiumdeutrid antas å være gunstig), og i midten en hul plutoniumsstav (*tennplugg*). Energien fra primærladningen skaper et innoverrettet trykk på sekundærladningen, som får den til å implodere (*strålingsimplosjon*). Massetettheten i sekundærladningen økes og får tennpluggen til å gå kritisk og undergå en fisjonseksplisjon. Varmefrigjøringen i midten av fusjonsmaterialet og økningen av massetetthet forårsaker at fusjonsreaksjonene starter.

Enorme mengder energi kan frigjøres fra en termonukleær ladning, typisk i megatonnområdet. Det er i prinsippet ingen øvre grense for sprengkraft. Årsaken er at fusjonsbrensel ikke går kritisk uansett hvor store mengder man har av det (ingen kritisk masse), samt at flere fusjonsladninger kan legges etter hverandre, slik at strålingen fra ett fusjonstrinn antenner det neste.

Nøytronbomben antas å være en variant av Teller-Ulam-designen. Ideen er å minimere all frigjort energi unntatt nøytronstrålingen, som maksimeres. Nøytronstrålingen forserer betong og annet tett materiale, og nøytronstålingen har høy dødelighet. Typisk sprengkraft er i kilotonnområdet, altså langt lavere enn ved en standard Teller-Ulam-design.

A.5 Mengde fissilt materiale i hver fisjonsladning

Informasjon om mengden fissilt materiale som trengs i hver ladning er gradert. Man må derfor basere seg på antagelser, noe som blir usikkert.⁶¹ Mengden fissilt materiale varierer nødvendigvis fra design til design avhengig av ønsket sprengkraft og designernes og ladingproduzentenes dyktighet. En stat med mindre kjernevåpenerfaring vil forbruke mer fissilt materiale per ladning enn en stat med mye erfaring. Dessuten vil produksjonen kreve noe mer fissilt materiale enn hva som ladningen faktisk består av, på grunn av svinn, eventuell eksperimentering og lignende.

Vanlige antagelser er at moderne fisjonsladninger hos stater med teknisk avanserte kjernevåpenprogrammer kan bestå av 2 – 5 kg våpenplutonium eller 10 – 15 kg våpenuran. Man kan kanskje tenke seg at det kan kreves 5 – 8 kg våpenplutonium eller 15 – 25 kg våpenuran for å lage én fisjonsladning, muligens enda mer hvis staten er nybegynner.⁶² Vi antar i vår rapportserie at India og Pakistan trenger 6 kg våpenplutonium eller 20 kg våpenuran for å

⁶⁰ Begrepet *totrinns* kan brukes for å spesifisere en fusjonsladning som benytter seg av prinsippet med strålingsimplosjon fremfor tidlige design av fusjonsladninger uten strålingsimplosjon.

⁶¹ IAEA opererer med begrepet "significant quantities", som defineres som 25 kg høyanriket uran eller 8 kg plutonium.

⁶² Verdens to første kjernevåpen (1945) skal ha bestått av henholdsvis 64 kg høyanriket uran (til 80 %) (Little Boy, Hiroshima, kanonløp) og 6,2 kg plutonium (Fat Man, Nagasaki, implosjon) (88).

lage én kjerneladning.

A.6 Utvikling av kjernefysiske stridshoder og våpen

Et kjernefysisk *stridshode* er en ladning som er klar til å leveres av et *leveringsmiddel* (missil eller fly). Klargjøring forutsetter at fysikkpakken er designet slik at den kan brukes som et leverbart våpen.⁶³ Designen må være slik at stridshodet blir kompakt, relativt lett og kan fraktes av leveringsmiddelet. Det forsettes også tilstrekkelige sikringssystemer m m som gjør våpenet sikkert og holdbart, samt en ytre innkapsling rundt fysikkpakken.

Dersom man setter stridshodet på et leveringsmiddel, får man et *kjernefysisk våpen* eller et *kjernevåpen*.⁶⁴

B FORKORTELSER OG BENEVNELSER

Under følger en oversikt over de viktigste forkortelsene og benevnelsene som er benyttet i denne rapporten. Vi gir fulltekst og eventuelt norsk oversettelse eller kommentar.

FORKORT- ELSE	FULLTEKST	OVERSETTELSE/KOMMENTAR
CANDU	CANadian Deuterium Uranium Reactor	
CHASNUPP	Chasma Nuclear Power Plant	Chasma kjernekraftverk
CTBT	<i>Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty</i>	<i>Traktat om totalforbud mot kjernefysiske prøvesprengninger (CTBT) av 10. september 1996 (ikke trådt i kraft ennå); "Prøvestansavtalen", "CTBT-avtalen"</i>
IAEA	International Atomic Energy Agency	Det internasjonale atomenergibyrået. (Lokalisert i Wien)
KANUPP	Karachi Nuclear Power Plant	Karachi kjernekraftverk
KRL	Khan Research Laboratories	
kt	kilotonn (= 1 000 tonn = 1 million kilogram)	Sprengkraften til kjernefysiske eksplosjoner oppgis i enheter av kt. Måltallet til enheten kilotonn sier hvor mange tusen tonn av det konvensjonelle sprengstoffet TNT som man måtte ha benyttet for å få samme sprengkraft. 1 kt tilsvarer $4,184 \cdot 10^{12}$ joule.

⁶³ Å konstruere en design slik at ladningen kan brukes som våpen, kalles *weaponizing* på engelsk.

⁶⁴ De to begrepene brukes om hverandre.

FORKORT- ELSE	FULLTEKST	OVERSETTELSE/KOMMENTAR
MOX	Mixed Oxide Fuel	
MW _e	megawatt elektrisk effekt	
MW _t	megawatt termisk effekt	
NCA	National Command Authority	
NPT	<i>Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons;</i> ”Non-Proliferation Treaty”	<i>Traktat om ikke-spredning av kjernefysiske våpen av 1. juli 1968 (NPT);</i> ”Ikke-spredningsavtalen”
PAEC	Pakistan Atomic Energy Commission	
PARR	Pakistan Atomic Research Reactor	
PINSTECH	Pakistan Institute of Nuclear Science and Technology	
SWU/y	separative work units per year	Benevnelse på gjennomstrømningen av anriket uran fra sentrifuger

Litteratur

- (1) Toft H K (2004): *Indias kjernevåpenprogram*, FFI/RAPPORT-2003/00460, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, ISBN-82-464-0884-4, <http://rapporter.ffi.no/2003/00460.pdf>.
- (2) Toft H K (2004): *De kjernefysiske prøvesprengningene i India og Pakistan (1974 og 1998)*, FFI/RAPPORT-2003/00459, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2003/00459.pdf>.
- (3) Toft H K, Bokhari L (2004): *India og Pakistan – Historiske, politiske og tekniske perspektiver på kjernevåpenkonflikten*, FFI/RAPPORT-2004/00906, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, ISBN-82-464-0879-8, <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2004/00906.pdf>.
- (4) Toft H K, Høibråten S (2004): *En vurdering av Indias og Pakistans kjernevåpenprogrammer*, FFI/RAPPORT-2004/00801, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, ISBN-82-464-0809-7, <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2004/00801.pdf>.
- (5) Toft H K (2003): *Kjernevåpenrelaterte folkerettslige avtaler*, FFI/RAPPORT-2003/00996, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, ISBN-82-464-0740-6, <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2003/00996.pdf>.
- (6) Encyclopædia Britannica (2003): Geografisk kart over Pakistan, <http://search.eb.com/>.
- (7) Ramana M V, Nayyar A H (2001): *India, Pakistan and the Bomb*, Scientific American, desember 2001.
- (8) Brennpunkt, NRK (2001): *Atomdialog med tvilsomme stater*, <http://www.nrk.no/programmer/tv/brennpunkt/637418.html>.
- (9) Jones R W, McDounough (1998): *Tracking Nuclear Proliferation: A Guide in Maps and Charts, 1998*, ISBN 0-87003-113-9, <http://www.ceip.org/programs/npp/track98b.htm>.
- (10) Weiss L (2004): *Pakistan: It's déjà vu all over again*, Bulletin of the Atomic Scientists, mai/juni 2004.
- (11) Weissman S, Krossney H (1981): *The Islamic Bomb - The Nuclear Threat to Israel and the Middle East*, ISBN 0-8129-0978-X.
- (12) Sublette C (2002): *Pakistan's Nuclear Weapons Program*, <http://nuclearweaponarchive.org/Pakistan/>.
- (13) Albright D (1998): *ISIS Technical Assessment: Pakistan's Effort to Obtain Unsafeguarded Plutonium are Nearing Fruition*, 1. juni 1998, <http://www.isis-online.org/publications/southasia/ta2-pak060198.html>.

- (14) Federation of American Scientists (): *Pakistan Special Weapons Facilities*, <http://fas.org/nuke/guide/pakistan/facility/>.
- (15) Albright D, Berkhout F, Walker W (1997): *Plutonium and highly enriched uranium 1996, World inventories, capabilities and policies*, Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), ISBN 0-19-829009-2.
- (16) Albright D, Hibbs M (1992): *Pakistan's bomb: Out of the closet*, Bulletin of the Atomic Scientists, juli/august 1992, <http://www.bullatomsci.org/issues/1992/ja92/ja92.albright.html>.
- (17) International Atomic Energy Agency, Wien (2003): Personlig kommunikasjon med informasjonssjef M Gwozdecky.
- (18) The New York Times (2004): *Roots of Pakistan Atomic Scandal Traced to Europe*, ved C S Smith, 19. februar 2004.
- (19) NRK (2002): *Dok1: Saddams uransentrifuge*, Hamilton Fish and Friedman-Nadler Productions, sendt på NRK1 10. februar 2003 og på NRK2 13. februar og 30. mai 2003.
- (20) Albright D, Hinderstein C (2004): *The centrifuge connection*, Bulletin of the Atomic Scientists, mars/april 2004.
- (21) Jane's (2004): *Khanfessions of a proliferator*, ved A Koch, Jane's Defence Weekly, vol **41**, nr 9, 3. mars 2004.
- (22) Mozley R F (1998): *The Politics and Technology of Nuclear Proliferation*, University of Washington Press, ISBN 0-295-97726-4.
- (23) Los Angeles Times (2004): *Dutch Confirm Possible Spread of Arms Secrets*, ved D Frantz, 20. januar 2004.
- (24) CNN (2004): *Timeline: Pakistan's nuclear program*, 4. februar 2004, <http://www.cnn.com/2004/WORLD/asiapcf/02/04/pakistan.nuclear.timeline.reut/>.
- (25) Sublette C (2002): *Dr. Abdul Qadeer Khan*, <http://nuclearweaponarchive.org/Pakistan/AQKhan.html>.
- (26) GlobalSecurity.org (2004): *A. Q. Khan*, <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/pakistan/khan.htm>.
- (27) Cirincione J (2002): *Deadly Arsenals, Tracking Weapons of Mass Destruction*, Carnegie Endowment for International Peace, Washington, DC, ISBN 0-87003-193-7.
- (28) Federation of American Scientists (2000): *Pakistan Nuclear Weapons*, <http://www.fas.org/nuke/guide/pakistan/nuke/>.
- (29) Nuclear Threat Initiative (2003): *Pakistan Profile*, http://www.nti.org/e_research/profiles/Pakistan.

- (30) Arbman G, Danielson G, Larsson T, Nordström H, Persson G, Prawitz J, Stenholm L, Strömberg L G, Wigg L, Zetterström H-O (1998): *Indien och Pakistan - Nygamla kärnvapenstater*, Försvarets Forskningsanstalt, FOA-R--98-00812-865--SE, Umeå.
- (31) Jane's (2000): *Nuclear friction - Nuclear policy in India and Pakistan*, Jane's Defence Weekly, ved A Koch, 13. desember 2000.
- (32) Washington Post (2004): *Libyan Arms Designs Traced Back to China*, ved J Warrick og P Slevin, 15. februar 2004.
- (33) Norris R S, Burrows A S, Fieldhouse R W (1994): *British, French, and Chinese Nuclear Weapons*, Nuclear Weapons Databook V, Natural Resources Defense Council.
- (34) Axelsson A, Jonson P, Lindblad A, Norlander L, Norquist A, Unge W, Wigg L (2002): *Indian and Pakistani Weapons of Mass Destruction in a Security Policy Context*, Totalförsvarets Forskningsinstitut, ISSN 1650-1942.
- (35) GlobalSecurity.Org (2004): *Pakistan Nuclear Weapons*, <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/pakistan/nuke.htm>.
- (36) Aftenposten (1998): - *Norsk datautstyr sikret Pakistan atombombe*, 29. mai 1998, <http://tux1.aftenposten.no/nyheter/uriks/d41469.htm>.
- (37) The Observer (2004): *Revealed: How Pakistan Fuels Nuclear Arms Race*, ved A Barnett, 18. januar 2004.
- (38) Associated Press (2004): *Arrest Ties Pakistan to Nuke Black Market*, ved M Kelley, 15. januar 2004.
- (39) The New York Times (2004): *U.S. Officials Try to Trace Illegal Sale of Nuclear Technology*, ved E Lichtblau, 17. januar 2004, <http://www.nytimes.com/2004/01/17/international/asia/17NUKE.html?th>.
- (40) Hibbs M (1998): *U.S. Appears to be Losing Track of Pakistan's Nuclear Program*, Nuclear Watch, 17. juli 1998, <http://www.nyu.edu/globalbeat/nucwatch/nucwatch071798.html>.
- (41) DAWN Internet NewsAlert (2003): *Pakistan not to sign CTBT, NA told*, Islamabad, 6. mars 2003, <http://www.dawn.com/2003/03/06/top3.htm>.
- (42) Cotta-Ramusino P, Martellini M (2002): *Nuclear safety, nuclear stability and nuclear strategy in Pakistan*, ved Landau Network - Centro Volta, Italia, <http://lxmi.mi.infn.it/~landnet/Doc/pakistan.pdf>.
- (43) NRDC Nuclear Notebook 2001 (2002): *Pakistan's Nuclear Forces, 2001*, Bulletin of the Atomic Scientists **58**, nr 1, januar/februar 2002, <http://www.thebulletin.org/issues/nukenotes/jf02nukenote.html>.
- (44) Nuclear Threat Initiative (2004): *Nuclear Watch - Pakistan: The Sorry Affairs of the Islamic Republic*, ved G Kampani, Center for Nonproliferation Studies (CNS), januar

2004, http://www.nti.org/e_research/e3_38b.html.

- (45) Dawn (2004): *Pakistan Not to Cap Its N-Programme: Dr Khan Being Questioned*, ved H Akhtar, 28. januar 2004.
- (46) Albright D (2001): *Securing Pakistan's Nuclear Weapons Complex*, <http://www.isis-online.org/publications/terrorism/stanleypaper.html>.
- (47) Koch A, Topping J (1997): *Pakistan's Nuclear-Related Facilities*, Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies, <http://cns.miis.edu/pubs/reports/pdfs/9707paki.pdf>.
- (48) GlobalSecurity.org (2004): *Wah Cantonment*, <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/pakistan/wah.htm>.
- (49) Institute for Science and International Security (2000): *Analysis of IKONOS Imagery of the Newly-Identified Heavy Water Plant at Khushab, Pakistan*, 16. mars 2000, <http://www.isis-online.org/publications/southasia/ikonoskhushabheavyh2o.html>.
- (50) Institute for Science and International Security (2000): *Analysis of IKONOS Imagery of the Plutonium Production Reactor at Khushab, Pakistan*, 16. mars 2000, <http://www.isis-online.org/publications/southasia/ikonoskhushabreactor.html>.
- (51) Hibbs M (1998): *U.S. Now Believes Pakistan to use Khushab Plutonium in Bomb Program*, Nucleonics Week, 16. juli 1998, <http://www.nyu.edu/globalbeat/nucwatch/nucwatch071798.html>.
- (52) Albright D (2000): *India's and Pakistan's Fissile Material and Nuclear Weapons Inventories, end of 1999*, Institute for Science and International Security (ISIS), 11. oktober 2000, <http://www.isis-online.org/publications/southasia/stocks1000.html>.
- (53) Hibbs M (2000): *Pakistani Separation Plant Now Producing 8-10 kg Plutonium/Yr, Nuclear Fuel*, 12. juni 2000, referert i <http://www.nti.org/db/nuclear/2000/n0020550.htm>.
- (54) International Atomic Energy Agency, Wien (2003): *Power Reactor Information System, database*, <http://www.iaea.org/programmes/a2/>.
- (55) Nuclear Engineering International (2003): *2002 World Nuclear Industry Handbook*.
- (56) Federation of American Scientists (2000): *Karachi / KANUPP*, <http://www.fas.org/nuke/guide/pakistan/facility/karachi.htm>.
- (57) Dawn (2003): *Jamali Calls for Strong N-Power Plants' Base: PAEC Told to Complete Discussion with China*, 3. desember 2003.
- (58) Hibbs M (1989): *Prosecutors Link Tritium Plant to Pakistan Weapons Program*, Nuclear Fuel, 5/1/89, side 12-13, vedlegg til (47).
- (59) International Atomic Energy Agency, Wien (2004): *Nuclear Research Reactors in the World*, database over forskningsreaktorer, <http://www.iaea.org/worldatom/rrdd/>.

- (60) U S Ministry of Defense (1998): *Military Critical Technologies List (MCTL), Part II: Weapons of Mass Destruction Technologies*, kapittel 5, <http://fas.org/irp/threat/mctl98-2/>.
- (61) Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies (udatert): *Chinese Assistance to Pakistani Nuclear and Missile Facilities*, <http://cns.miis.edu/research/india/china/prcpak.pdf>.
- (62) Albright D, O'Neill K (1998): *Pakistan's Stock of Weapon-Grade Uranium*, <http://www.isis-online.org/publications/southasia/ta-pak060198.html>.
- (63) Jane's (2003): *Comparing India's and Pakistan's strategic nuclear weapons capabilities*, Jane's Strategic Weapons Systems 40, ved D Lennox, 27. november 2003.
- (64) Choudhury U (2003): *Too close for comfort*, Bulletin of the Atomic Scientists, mars/april 2003.
- (65) Jane's (2004): *Pakistan tests Shaheen II missile*, Jane's Defence Weekly, ved A Siddiq, 17. mars 2004.
- (66) Jane's (2003): *Hatf-5 (Ghauri)*, Jane's Strategic Weapon Systems 40, 28. august 2003.
- (67) Federation of American Scientists (1998): *Text of Prime Minister Muhammad Nawaz Sharif Statement at a Press Conference on Pakistan Nuclear Tests*, <http://www.fas.org/news/pakistan/1998/05/980528-gop-pm.htm>.
- (68) International Herald Tribune (2004): *How Pakistani's network offered the whole kit*, ved W J Broad, D E Sanger og R Bonner, 13. februar 2004.
- (69) The New York Times (2004): *After Ending Arms Program, Libya Receives a Surprise*, ved W J Broad og D E Sanger, 29. mai 2004.
- (70) Albright D (2001): *Secrets, What Secrets?*, Scientific American, desember 2001.
- (71) Washington Post (2004): *Pakistanis Say Nuclear Scientists Aided Iran*, ved J Lancaster og K Khan, 24. januar 2004.
- (72) The New York Times (2004): *Pakistan Chief Says It Appears Scientists Sold Nuclear Data*, ved M Landler og D E Sanger, 24. januar 2004.
- (73) The Guardian (2004): *Musharraf Knew I Was Selling Secrets, Says Nuclear Scientist*, ved J Astill, 4. februar 2004.
- (74) Electronic Telegraph (2004): *Pardon for Scientist Who Sold Atom Bomb Secrets*, ved A Rashid og R Gedy, 4. februar 2004.
- (75) The Hindu (2004): *Charges Slapped on N-scientists*, ved B M Reddy, 4. februar 2004.
- (76) International Herald Tribune (2004): *Pakistan's Nuclear Inquiry Is a Sham*, ved B Chellaney, 10. februar 2004.

- (77) Associated Press (2004): *North Korea Denies It Got Pakistani Nuke Tech*, 10. februar 2004.
- (78) Associated Press (2004): *U. N.: Libya Nuke Suppliers Spanned Globe*, ved G Jahn, 28. mai 2004.
- (79) The New York Times (2004): *Pakistan: Trails of Rogue Nuclear Technology Lead to One Lab*, ved D E Sanger og W J Broad, 5. januar 2004.
- (80) Global Security Newswire (2004): *Libya Purchased Nuclear Weapons Plans From Pakistan, Qadhafi's Son Says*, 5. januar 2004.
- (81) Albright D, Higgins H (2003): *A bomb for the Ummah*, Bulletin of the Atomic Scientists **59**, nr 2, mars/april 2003, <http://www.thebulletin.org/issues/2003/ma03/ma03albright.html>.
- (82) The New York Times (2004): *From Rogue Nuclear Programs, Web of Trails Leads to Pakistan*, ved D E Sanger og W J Broad, 4. januar 2004.
- (83) NRDC Nuclear Notebook 2002 (2002): *Global nuclear stockpiles, 1945 - 2002*, Bulletin of the Atomic Scientists **58**, nr 6, november/desember 2002, <http://www.thebulletin.org/issues/nukenotes/nd02nukenote.html>.
- (84) Washington Post (2004): *India, Pakistan to Set Up Hotline - Talks End With Deal to Maintain Moratorium on Nuclear Testing*, ved J Lancaster, 21. juni 2004.
- (85) Reuters (2004): *No Slowdown in Pakistan Nuclear Program - Musharraf*, ved M Collett-White, 1. juli 2004.
- (86) Randers G (1946): *Atomvåpen*, bidrag til samlerapport om den tekniske utviklingen under andre verdenskrig, rapport nr S-1, FFI, 1946, strengt hemmelig, nedgradert til konfidensielt 1959.
- (87) US Congress, Office of Technology Assessment (1993): *Technical Aspects of Nuclear Proliferation*, kapittel 4 i dokumentet *Technologies Underlying Weapons of Mass Destruction*, OTA-BP-ISC-115, Washington, DC, <http://www.fas.org/spp/starwars/ota/934406.pdf> eller <http://www.wws.princeton.edu/cgi-bin/byteserv.prl/~ota/disk1/1993/9344/934406.pdf>.
- (88) Sublette C (2002): *Nuclear Weapons Frequently Asked Questions, Section 8.0: The First Nuclear Weapons*, <http://www.nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq8.html>.