

FFI RAPPORT

DE KJERNEFYSISKE PRØVESPRENGNINGENE I INDIA OG PAKISTAN (1974 OG 1998)

TOFT Heidi Kristine

FFI/RAPPORT-2003/00459

**DE KJERNEFYSISKE PRØVESPRENGNINGENE
I INDIA OG PAKISTAN (1974 OG 1998)**

TOFT Heidi Kristine

FFI/RAPPORT-2003/00459

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

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2003/00459 1a) PROJECT REFERENCE FFI-V/859/139	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 74		
4) TITLE DE KJERNEFYSISKE PRØVESPRENGNINGENE I INDIA OG PAKISTAN (1974 OG 1998) THE NUCLEAR TESTS IN INDIA AND PAKISTAN (1974 AND 1998)				
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: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>Nuclear weapons</u> b) <u>Nuclear tests</u> c) <u>India</u> d) <u>Pakistan</u> e) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Kjernevåpen</u> c) <u>Kjernefysiske prøvesprengninger</u> d) <u>India</u> e) <u>Pakistan</u> <u>Atomvåpen</u> </td> </tr> </table>			a) <u>Nuclear weapons</u> b) <u>Nuclear tests</u> c) <u>India</u> d) <u>Pakistan</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Kjernevåpen</u> c) <u>Kjernefysiske prøvesprengninger</u> d) <u>India</u> e) <u>Pakistan</u> <u>Atomvåpen</u>
a) <u>Nuclear weapons</u> b) <u>Nuclear tests</u> c) <u>India</u> d) <u>Pakistan</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Kjernevåpen</u> c) <u>Kjernefysiske prøvesprengninger</u> d) <u>India</u> e) <u>Pakistan</u> <u>Atomvåpen</u>			
THESAURUS REFERENCE:				
8) ABSTRACT <p>On 18 May 1974 and again on 11 May 1998 the world was shocked by Indian nuclear tests. The archrival Pakistan followed on 28 and 30 May 1998. For the 1974 Indian test the official yield is 12 kt. Common literature estimates around 2–5 kt imply a fizzle (failure). Seismic studies at NORSAR in Norway suggest approximately the announced yield. From this, the apparent lack of technical evidence for a low yield, and from the long-time nuclear research and experience in India, we conclude that the 1974 test most likely was a technical success and as announced.</p> <p>Even though most independent yield estimates for the 1998 Indian tests suggests a lower yield than the official values, India probably performed at least some successful detonations. We believe that the claim of a small two-stage thermonuclear device cannot be disregarded, but that a detonation of a two-stage thermonuclear experiment is more likely. Due to its long experience with nuclear devices and alleged outside assistance, Pakistan probably successfully detonated at least some fission devices. The number of Pakistani explosions is probably exaggerated. Pakistan had for a long time shown interest in tritium, and boosting experiments cannot be excluded. India has suggested the same yield estimates for the Pakistani tests as did NORSAR. This suggests that NORSAR's estimates for the Indian 1974 and 1998 tests are correct. The technical results from the nuclear tests were probably valuable to the two states.</p>				
9) DATE 2004-12-23	AUTHORIZED BY This page only Bjarne Haugstad	POSITION Director of Research		

ISBN 82-464-0923-9

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

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 tekniske analyser av statenes kjernefysiske prøvesprengninger.

Interesserte lesere henvises til også de andre FFI-rapportene:

- *Indias kjernevåpenprogram (1);*
- *Pakistans kjernevåpenprogram (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.

Kjeller, desember 2004

Heidi Toft

INNHold

	Side	
1	INNLEDNING	9
2	TEKNISK GRUNNLAG FOR KJERNEFYSISKE LADNINGER OG PRØVESPRENGNINGER	10
2.1	Introduksjon og hovedtrekk for bygging av kjernefysiske ladninger	11
2.2	Design av kjernefysiske ladninger (fysikkpakker)	12
2.3	Definisjon av "én kjernefysisk prøvesprengning"	16
2.4	Beregning av sprengkraften til en prøvesprengning	16
2.5	Sammenheng mellom type prøvesprengning/eksperiment og sprengkraft	19
3	INDIAS PRØVESPRENGNING I 1974 (SMILING BUDDHA)	20
3.1	Frigitte opplysninger	20
3.2	Prøvesprengningsområdet	21
3.3	Hensikt	22
3.4	Sprengkraft	23
3.5	Teknisk nivå i 1974	24
4	INDIAS PRØVESPRENGNINGER I 1998 (SHAKTI-98)	25
4.1	Frigitte opplysninger	26
4.2	Seismiske målinger 11. mai	31
4.3	Sprengkraft 11. mai	32
4.4	Seismiske målinger 13. mai	35
4.5	Sprengkraft 13. mai	35
4.6	Teknisk nivå i 1998	36
4.6.1	Fissilt materiale og antallet eksplosjoner	36
4.6.2	Fisjonsladninger, boostede fisjonsladninger eller termonukleære ladninger?	37
4.6.3	Subkilotonnladninger?	39
4.6.4	Oppsummering	40
5	PAKISTANS PRØVESPRENGNINGER I 1998 (CHAGAI)	40
5.1	Frigitte opplysninger	41
5.2	Prøvesprengningsområdet	45
5.3	Seismiske målinger	46
5.4	Sprengkraft	47
5.5	Teknisk nivå i 1998	48

6	FOLKERETT OG OVERGANG TIL "KJERNEVÅPENSTATER"	51
7	OPPSUMMERING OG KOMMENTARER	52
APPENDIKS		
A	FORKORTELSER	57
B	ORDFORKLARINGER FOR KJERNEVÅPENRELATERTE ORD	58
C	SAMMENHENG MELLOM TYPE PRØVESPRENGNING/EKSPERIMENT OG SPRENGKRAFT	62
D	UTVALG AV UMIDDELBARE OFFISIELLE UTTALELSER	64
D.1	India, 1974	64
D.2	India, 1998	65
D.3	Pakistan, 1998	66
	Litteratur	68

DE KJERNEFYSISKE PRØVESPRENGNINGENE I INDIA OG PAKISTAN (1974 OG 1998)

1 INNLEDNING

India og Pakistan har hatt et problematisk forhold siden Det indiske subkontinentet ble fritt fra britisk kolonistyre og delt i 1947. De to nabostatene har utkjempet tre kriger: I 1947, 1965 og 1971. I tillegg har det vært flere konflikter og utallige terroranslag, også i de senere årene.

I mai 1974 gjennomførte India sin første kjernefysiske eksplosjon. Prøvesprengningen forbauset verden, som ikke var klar over at India var i gang med å utvikle kjernefysiske ladninger. Sprengningen ble erklært å være ”fredelig”, og India benektet å skulle lage kjernefysiske våpen.

Samtidig hadde Pakistan på denne tiden en hemmelig intensjon om å bygge kjernefysiske ladninger, selv om det tok lang tid før man lykkes. Pakistan er antatt å ha satt sammen sin første ladning rundt 1989-1990 (2).

I mai 1998 ble verden igjen overrasket av nye underjordiske, kjernefysiske eksplosjoner i India. Indisk informasjon var at antallet var fem. Spesielt ble det hevdet at en termonukleær ladning hadde blitt prøvesprengt, noe som var forbausende tatt i betraktning en relativt beskjeden sprengkraft. Den første pakistanske prøvesprengningen ble ikke uventet foretatt kort tid etter de indiske. Seks eksplosjoner skal ha blitt utført. Dermed skal altså det totale antallet kjernefysiske eksplosjoner være likt på begge sider.

Tabell 1.1 presenterer en oversikt over statenes egne angitte data for eksplosjonene. I denne situasjonen må man være skeptisk til den frigitte informasjonen. Uavhengig ekspertise bestrider både det annonserte antallet eksplosjoner og sprengkraft for begge stater. Påstanden om en vellykket indisk termonukleær eksplosjon ble det største diskusjonstemaet.

Denne rapporten dreier seg om de totalt tolv påståtte kjernefysiske eksplosjonene i India og Pakistan. Hensikten er å presentere den tilgjengelige informasjonen og å bidra med uavhengige drøftelser av statenes kjernevåpentekniske nivå. Dette gjør vi ved å ta utgangspunkt i 1) statenes egen informasjon, 2) målinger ved forskningsstiftelsen NORSAR¹ på Kjeller, 3) sprengkraftestimater basert på NORSAR, samt 4) kunnskaper om statenes kjernevåpenprogrammer (fra FFI-rapportene (1) og (2)).

For å forstå denne rapporten må man ha noe kjennskap til kjernefysiske ladninger og prøvesprengninger/sprengkraft. Vi starter derfor med å gi nødvendig bakgrunnsinformasjon

¹ Navnet NORSAR kommer av NORwegian Seismic ARray.

Dato	Stat	Statenes egen informasjon	Total angitt sprengkraft
18.5.1974	India	1 eksplosjon (fredelig) (12 kt)	12 kt
11.5.1998	India	3 eksplosjoner (43 – 45 kt; 12 – 15 kt; 0,2 kt)	55 – 60 kt
13.5.1998	India	2 eksplosjoner (0,5 kt; 0,3 kt)	0,8 kt
28.5.1998	Pakistan	5 eksplosjoner (fordeling uklar)	40 – 45 kt
30.5.1998	Pakistan	1 eksplosjon (12 – 18 kt)	12 – 18 kt

Tabell 1.1 Data for begge staters kjernefysiske eksplosjoner. For India er angitt sprengkraft offisiell informasjon. For Pakistan stammer verdiene fra meldinger i media, etter sigende med opphav i offisielle kilder. Enheten kt står for "kilotonn" og angir hvor mange tusen tonn konvensjonelt sprengstoff (TNT) man måtte ha benyttet for å få samme sprengkraft.

(kapittel 2). I kapittel 3 foretar vi de tekniske analysene av Indias første prøvesprengning i 1974. Deretter tar vi for oss analyser av prøvesprengningene i 1998: Først Indias (kapittel 4), så Pakistans (kapittel 5). I kapittel 6 kommenterer vi folkeretten og overgangen til "kjernevåpenstater" i 1998. Rapporten avsluttes med oppsummering/kommentarer (kapittel 7). I appendikset finner vi blant annet oversikt over forkortelser (appendiks A) og aktuelle ordforklaringer (appendiks B).

Takk til senior vitenskapelig rådgiver Frode Ringdal ved NORSAR for å ha gitt oss den vitenskapelige begrunnelsen for deres beregninger av sprengkraften til de indiske og pakistanske prøvesprengningene. Begrunnelsen utgjør mesteparten av delkapittel 2.4.

2 TEKNISK GRUNNLAG FOR KJERNEFYSISKE LADNINGER OG PRØVESPRENGNINGER

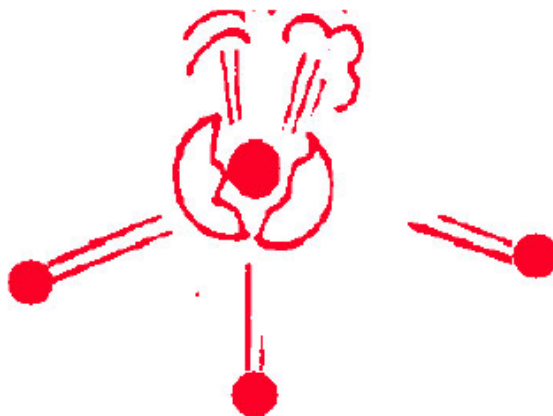
Kapittel 2 gir nødvendig bakgrunn i kjernefysiske ladninger og prøvesprengninger/sprengkraft for å forstå denne rapporten. I delkapittel 2.1 gis et overblikk over hvordan kjernevåpen bygges, og i delkapittel 2.2 presenteres prinsippene for design av ulike ladningstyper. Deretter definerer vi *én prøvesprengning* (delkapittel 2.3), vi forklarer hvordan man beregner sprengkraften til en prøvesprengning (delkapittel 2.4), og til slutt ser vi på sammenhengen mellom sprengkraft og type prøvesprengning/eksperiment (delkapittel 2.5).

De to kjernevåpenrelaterte delkapitlene (2.1 og 2.2) er også gjengitt i appendiks A i FFI-rapportene (1) (2) om Indias og Pakistans kjernevåpenprogrammer. I disse rapportene finner man ytterligere ytterligere fire delkapitler med introduksjon til kjernevåpensaker. De

dreier seg blant annet om fissilt materiale og dets produksjon.

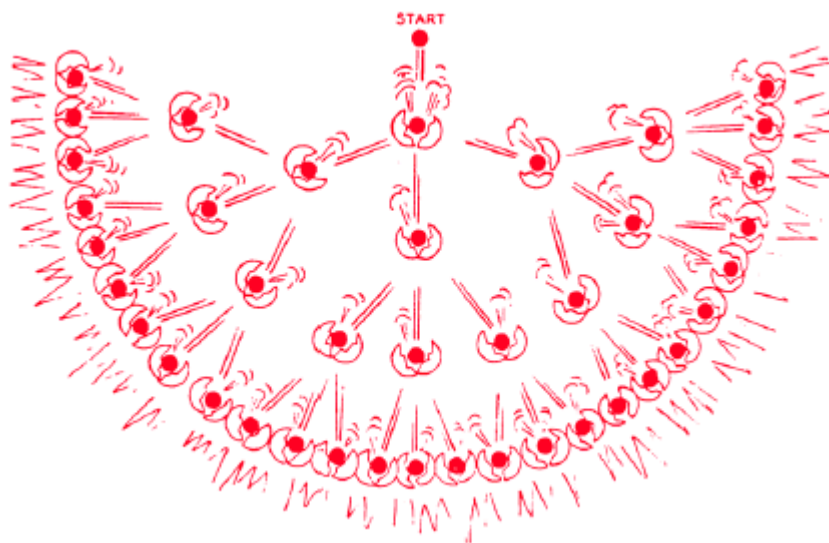
2.1 Introduksjon og hovedtrekk for bygging av kjernefysiske ladninger

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 2-1 *Én fisjon. Et nøytron spalter en kjerne, og tre nye nøytroner sendes ut. Figuren er hentet fra FFI-rapporten S-1 (5).*

En *fisjon* (se Figur 2-1) er en spaltning av en tung atomkjerne. Energi og typisk to til tre frie nøytroner frigjøres. En *kjedereaksjon* (se Figur 2-2) 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.



Figur 2-2 *En kjedereaksjon. Nøytronene fra én fisjon, forårsaker nye fisjoner i andre kjerner. Figuren er hentet fra FFI-rapporten S-1 (5).*

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 atomkjernen. En atomkjerne 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.

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 en kjernefysisk reaktor og et 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 neste delkapittel);
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:

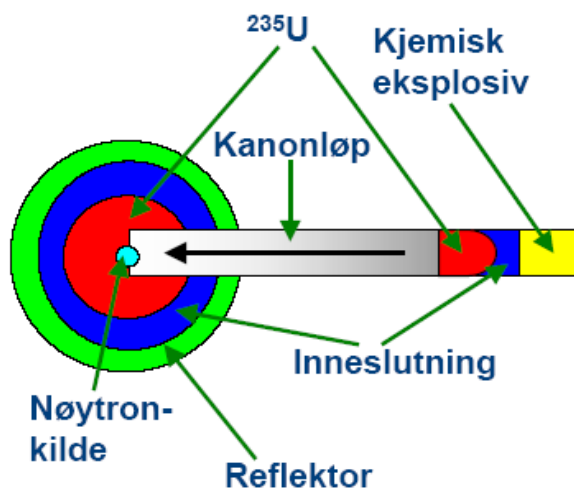
- Fysikkeksperimenter med fissilt materiale, for å kartlegge egenskapene til uran og/eller plutonium;
- Eksperimenter som tester ut de konvensjonelle delene i ladningen;
- Andre ikke-fissile eksperimenter som sannsynliggjør at designen fungerer.

2.2 Design av kjernefysiske ladninger (fysikpakker)

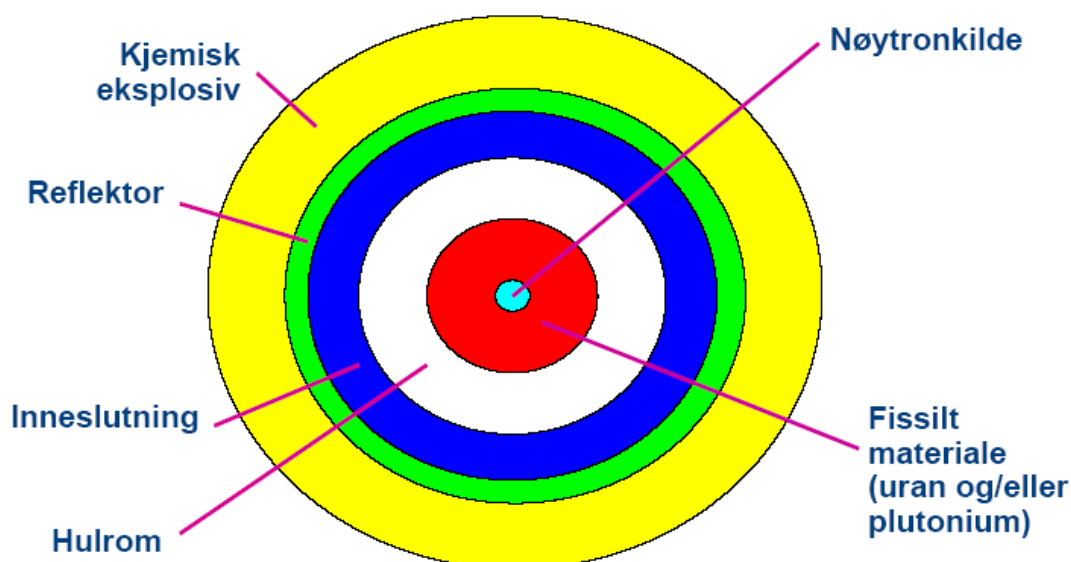
Kjernefysiske ladninger er enten *fisjonsladninger* eller *termonukleære ladninger*. Termonukleære ladninger kalles også *fusjonsladninger* (eventuelt *hydrogenbomber*). Begrepene ”fusjons-” og ”termonukleær” kan benyttes om hverandre. I det følgende beskrives kort begge de to kategoriene ladninger.

Av fisjonsdesign er det to typer: *kanonløpsdesign* (se Figur 2-3) og *implosjonsdesign* (se Figur

2-4). Kanonløpsdesignen fungerer ved at biter av våpenuran² (uran med en svært høy andel av isotopen uran-235) 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 2-3 Sjematisk skisse av kanonløpsdesignen.



Figur 2-4 Sjematisk skisse av implosjonsdesignen.

² Våpenuran, også kalt *uran av våpenkvalitet*, er uran med minst 90 % av isotopen uran-235. Våpenuran er uran som er optimalisert for våpenbruk. Mer i appendiks A.2 i FFI-rapportene (1) og (2).

For implosjonsdesignen komprimeres (*imploderes*) en underkritisk kule av våpenuran og/eller våpenplutonium³ (plutonium med en svært høy andel av isotopen plutonium-239) 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*⁴, *avanserte eller tritiumforsterkede* fisjonsladninger.⁵ 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

³ *Våpenplutonium*, eller *plutonium av våpenkvalitet*, er plutonium med minst 93 % av isotopen plutonium-239. Våpenplutonium er plutonium som er optimalisert for våpenbruk. Mer i appendiks A.2 i FFI-rapportene (1) og (2).

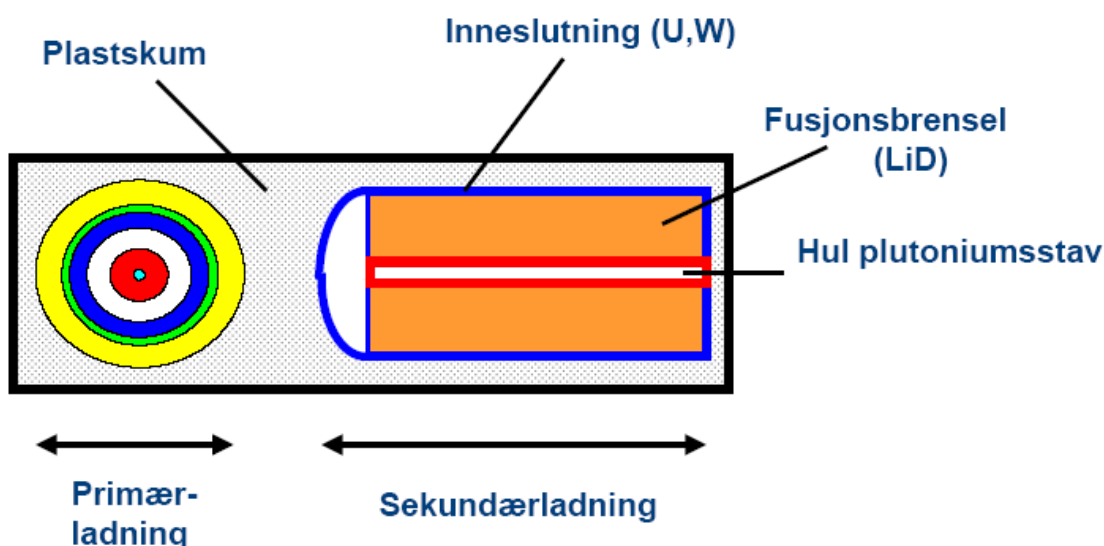
⁴ Boostet: etter engelsk for "forsterket".

⁵ 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 delkapittelet.)

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 2-5), sannsynligvis er basis for kjernefysiske ladninger med høy sprengkraft i dag.



Figur 2-5 Skisse av hvordan man i dag tenker seg at Teller-Ulam-designen er bygd opp.

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.⁶ Primærladningen er en fisjonsladning (av implosjonstype) som detoneres først. Sekundærladningen består typisk av ytterst en såkalt *inneslutning* (gjerne av utarmet uran⁷ eller wolfram), deretter hovedbestanddelen, som er fusjonsmateriale (litiumdeuterid 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, noe som får tennpluggen til å gå kritisk og undergå en fisjonseksplasjon. Varmefrigjøringen i midten av fusjonsmaterialet og økningen av massetetthet forårsaker at fusjonsreaksjonene starter.

⁶ Begrepet *totrinns* kan brukes for å spesifisere en fusjonsladning som benytter seg av prinsippet med strålingsimplosjon, fremfor tidlige design av fusjonsladninger uten strålingsimplosjon.

⁷ *Utarmet uran* er uran som har mindre andel uran-235 enn naturlig uran (som har om lag 0,7 % uran-235).

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 nøytronstrålingen har høy dødelighet. Typisk sprengkraft er i kilotonnområdet, altså langt lavere enn ved en standard Teller-Ulam-design.

2.3 Definisjon av "én kjernefysisk prøvesprengning"

Én kjernefysisk prøvesprengning er ikke nødvendigvis det samme som *én kjernefysisk eksplosjon*. Hva er så forskjellen? Antallet eksplosjoner er det samme som antallet detonerte ladninger, mens antallet prøvesprengninger kan være mindre enn disse. *Én kjernefysisk prøvesprengning* kan nemlig defineres som:

"Én enkelt eksplosjon, eller én eller flere eksplosjoner innenfor en sirkel med diameter 2 km og detonert i løpet av 0,1 sekund" (6).

Denne definisjonen ble innført av USA og Sovjetunionen i 1974 i avtalen *Treaty between the USA and the USSR on the Limitation of Underground Nuclear Weapon Tests* (TTBT) (6). Årsaken er de praktiske begrensningene som ligger i å atskille eksplosjoner i rom og tid.

Definisjonen benyttes ofte generelt for å telle også andre staters prøvesprengninger (6).

2.4 Beregning av sprengkraften til en prøvesprengning

Sprengkraften til en prøvesprengning kan fastslås sikkert ved radiokjemiske analyser av prøver fra prøvesprengningsområdet. Data som fremkommer ved slike undersøkelser, kan gi informasjon om designen av ladningen som statens myndigheter ikke nødvendigvis ønsker å frigi. Derfor vil en stat som har prøvesprengt, vanligvis ikke tillate internasjonale undersøkelser.

Alternativet er matematiske beregninger ut fra seismogrammer. Estimering av sprengkraft fra seismiske målinger over lange avstander (teleseismikk) er svært vanskelig og ikke en eksakt vitenskap. Resultatene er derfor usikre. Vi skal nå forklare hvordan slike beregninger kan utføres.

De seismiske stasjonene måler en amplitude A , som forbindes til det såkalte Richter-tallet m_b ved:

$$m_b = \lg\left(\frac{A}{T}\right) + B, \quad (2.1)$$

der størrelsen T er det såkalte *dominant period of signal*, og størrelsen B er en kompensasjon for avstanden mellom den aktuelle målestasjonen og signalets kilde (episenteret). Ved hjelp av denne ligningen estimeres m_b . Estimater vil inneholde en del usikkerhet. (7)

De forskjellige målestasjonene får noe variasjon i sine verdier av m_b for den samme hendelsen. Årsaken er at de seismiske bølgene fra prøvesprengningsområdet forplanter seg i ulik geologi frem til de forskjellige målestasjonene, og at stasjonene kan måle på mange forskjellige måter. En måling for Richter-tallet m_b er rimelig sikker til nærmeste 0,1-enhet. (7) I noen av beregningseksemplene våre senere i rapporten vil vi se på hvilken betydning en eventuell mindre variasjon ($\pm 0,05$) i Richter-tallet har.

Videre kan personene som utfører detonasjonene, gjøre forberedelser på prøvesprengningsområdet som påvirker den verdien av m_b som målestasjonene kommer til å måle. Detonasjon i et hulrom, salter, sanddyner eller andre porøse media gir dårligere kobling mellom sprengkraft og seismiske signaler. Konsekvensen er lavere verdier for m_b enn hva man ellers ville ha fått.

Man må videre bestemme en ligning for sammenhengen mellom m_b og sprengkraft. Her kan det være store usikkerheter.

En godt dokumentert ligning ble etablert i 1992 (se artikkelen *Seismic Yield Estimation of Soviet Underground Nuclear Explosions at the Shagan River Test Site* (8) av Ringdal, Marshall og Alewine). Ligningen er kalibrert for det sovjetiske prøvesprengningsområdet ved Shagan-elven nær byen Semipalatinsk i Kasakhstan. Området karakteriseres av hard og stabil berggrunn. Her lyder sammenhengen mellom Richter-tallet m_b og sprengkraft

$$m_b = 4,45 + 0,75 \cdot \lg Y, \quad (2.2)$$

der Y er sprengkraft (*Yield*). (7) (8) Man kaller det ofte "det semipalatinske anslaget".

Man antar at sammenhengen mellom m_b og logaritmen til sprengkraften generelt er proporsjonal:

$$m_b = k + 0,75 \cdot \lg Y, \quad (2.3)$$

der k er en konstant som er berggrunnsavhengig. Når ligningen er logaritmisk, er resultatet svært følsomt for inngangsverdien m_b . Konstanten k er relativt høy for stabile og harde berggrunner, og lavere for mindre stabile og mindre harde berggrunner. Når k settes til 4,45 for Semipalatinsk, noe som er relativt høyt, reflekterer det den harde og stabile berggrunnen der. (7)

Dersom berggrunnskonstanten k er bestemt eksperimentelt for et område, er ligningen kalibrert. Verken de indiske eller de pakistanske prøvesprengningsområdene er kalibrerte. Man må derfor anta en verdi av k som man tror passer, ut fra det som er kjent. Valget av k har betydelig påvirkning på estimatet på sprengkraften. Mangelen på kalibrering vil begrense nøyaktigheten i estimatet.

Selv om man ikke helt kan utelukke at berggrunnskonstanten i India og Pakistan bør settes til samme høye verdi som i Semipalatinsk, anbefaler NORSAR å benytte en lavere verdi for dette området. Ifølge NORSAR bør konstanten k velges mellom 4,25 (såkalt *Eurasia-anslag*) og 4,0 (såkalt *konservativt anslag*).⁸ (7)

For India og Pakistan kaller vi berggrunnskonstanten k_{IP} , og anslaget for India og Pakistan blir da:

$$m_b = k_{IP} + 0,75 \cdot \lg Y, \quad (2.4)$$

der

$$4,0 < k_{IP} < 4,25. \quad (2.5)$$

Vi velger heretter å kalle betingelsen som utgjøres av ligningene (2.4) og (2.5), "NORSAR-anslaget for India og Pakistan", eller for kort bare "NORSAR-anslaget".

Relativ sprengkraft mellom to prøvesprengninger estimeres med høyere pålitelighet enn kraften til enkeltprøvesprengninger, fordi verdien av konstanten k da kan elimineres. Likevel er det fremdeles usikkerheter. (7) For relativ sprengkraft får vi uttrykket

$$m_{b,1} - m_{b,2} = 0,75 \cdot \lg \left(\frac{Y_1}{Y_2} \right). \quad (2.6)$$

Her er $m_{b,1}$ Richter-tallet som hører sammen med sprengkraften Y_1 , og $m_{b,2}$ er Richter-tallet som hører sammen med sprengkraften Y_2 .

Dersom simultane eksplosjoner er omtrent like store i styrke, er det mulig for nære (regionale) målestasjoner å påvise at flere eksplosjoner er utført. For tilfellene India og Pakistan kunne dette vært mulig fra stasjonen ved Nilore i Pakistan. Denne er nærmest prøvesprengningsområdene (og om lag 700 km fra det indiske prøvesprengningsområdet) og produserer fritt tilgjengelige data. Men er styrkene på de simultant detonerte ladningene heller

⁸ Lav k gir høy sprengkraft og reduserer sannsynligheten for underestimert. Derfor benytter vi betegnelsen "konservativt anslag". Kalibreringen $k = 4,0$ er ikke veldig forskjellig fra kalibreringen for Nevada, som er $k = 3,9$. Kalibreringen for "Eurasia-anslaget" ($k = 4,25$) er kalibreringen som gjelder for Novaja Zemlja. Semipalatinsk, Novaja Zemlja og Nevada er de tre stedene som er kalibrerte. (7)

forskjellige, vil den kraftigste eksplosjonen dominere de seismiske signalene. Det blir da veldig vanskelig å bekrefte multiplisitet ut fra de seismiske målingene. (7)

Simultane eksplosjoner forekom ofte i USA og Sovjetunionen. Det er flere fordeler med slike. Utgiftene holdes nede fordi behovet for infrastruktur blir mindre. Risikoen for at andre stater skal kunne få data om prøvene, reduseres. Den politiske belastningen blir mindre dersom man foretar detonasjonene samlet, enn om man sprer dem utover flere dager. Dette gjelder spesielt for stater som ikke tidligere har erklært at de har kjernevåpen, som tilfellet var for India og Pakistan i 1998.

Teknisk er det noe vanskeligere å detonere flere ladninger simultant. Det er mer komplisert å trekke ut de tekniske resultatene hvis ladningene har ligget i samme sjakt, fordi resultatene blandes. Dersom én eller flere ladninger mislykkes i å detonere, vil eksplosjonene fra eventuelle vellykkede detonasjoner kunne ødelegge de udetonerte ladningene. Man risikerer tap av ladninger.

2.5 Sammenheng mellom type prøvesprengning/eksperiment og sprengkraft

Når vi bruker begrepet en kjernefysiske *prøvesprengning* (i motsetning til et kjernefysisk *eksperiment*) forutsetter vi å snakke om en full, kjernefysisk prøvesprengning med en ukontrollert og vedvarende kjernefysisk kjedereaksjon. Følgelig har en prøvesprengning en vesentlig sprengkraft.

Sprengkraften til en fisjonsladning vil være begrenset oppad. Årsaken er at det er øvre grenser for hvor mye fissilt materiale man kan ha i en kjernefysisk ladning før kritisk masse passerer og ladningen går av av seg selv. Den kraftigste fisjonsekspløsjonen som er utført, hadde en sprengkraft på 500 kt.⁹

De fleste moderne kjernevåpen antas å benytte seg av boosting, der en blanding av deuterium og tritium tilsettes for å øke sprengkraften til fisjonsladningen. En boostet fisjonsekspløsjon vil ha større sprengkraft enn en ikke-boostet fisjonsekspløsjon, gitt at ladningene ellers har samme design og mengde fissilt materiale.

Termonukleære eksplosjoner kan i prinsippet lages med en ubegrenset sprengkraft, siden fusjonsmateriale ikke kan gå kritisk av seg selv.

En mislykket prøvesprengning (*fizzle*) er en prøvesprengning der det kjernefysiske brenselet har hatt en langt lavere utbrenning enn hva som var planlagt. Sprengkraften til en fizzle kan likevel være høy.

Vi definerer et kjernefysisk *eksperiment* som en kjernefysisk eksplosjon som ikke har en vedvarende kjedereaksjon. Noen eksperimenter har kortvarige kjedereaksjoner, mens andre

⁹ Verdens kraftigste fisjonsekspløsjon er Ivy King, som var en amerikansk prøvesprengning 15.11.1952 (9) (10).

ikke har noen kjedereaksjon i det hele tatt. En eksplosjon som ikke er en prøvesprengning, er et eksperiment.

Se appendiks C for forslag til hvilken sprengkraft man kan forvente fra forskjellige typer eksperimenter og prøvesprengninger.

3 INDIAS PRØVESPRENGNING I 1974 (SMILING BUDDHA)

Dette kapittelet tar for seg Indias første prøvesprengning. Først presenterer vi frigitte opplysninger (delkapittel 3.1) og prøvesprengningsområdet (delkapittel 3.2). Deretter foretar vi uavhengige og ubekreftede tekniske analyser: Diskusjon av hensikt (delkapittel 3.3), sprengkraft (delkapittel 3.4) og det tekniske nivået i 1974 (delkapittel 3.5).

3.1 Frigitte opplysninger

Den 18. mai 1974 detonerte India sin første kjernefysiske eksplosjon. Prøvesprengningen kom etter mange års forskning på utvikling av kjernefysiske ladninger. (Mer om utviklingsprogrammet i FFI-rapporten (1) om Indias kjernevåpenprogram.) Prøvesprengningen kalles vanligvis Smiling Buddha. Andre observerte betegnelser er *Shakti*¹⁰ (etter indisk for ”styrke”) eller *Pokhran I* (etter navnet på prøvesprengningsområdet Pokhran og romertall I for første runde). Figur 3-1 viser statsministerens besøk i prøvesprengningsområdet etter at eksplosjonen er utført.



Figur 3-1 Statsminister Indira Gandhi besøker Pokhran. Hentet fra Sublette (11).

Eksplosjonen ble erklært å være en *fredelig kjernefysisk eksplosjon (Peaceful Nuclear Explosion, PNE)*. Det betyr at hensikten skal ha vært fredelig, og at resultatene ikke skulle være ment for utvikling eller forbedring av våpenteknologi. Fredelig bruk kan være for eksempel innen seismiske undersøkelser, gruvedrift, arbeid med oljereservoarer m m.

Eksplosjonen ble detonert 18. mai 1974 klokken 02.34.55 GMT på Pokhran prøvesprengningsområde. Prøvesprengningen var underjordisk. Myndighetene avslørte at Smiling Buddha ble detonert i en vertikal L-formet sjakt i en dybde av 107 meter. Resultatet etter eksplosjonen skal ifølge offisiell informasjon være en nedsynkning med gjennomsnittlig radius på 47 meter og dybde på 10 meter. Som regel gjengis denne beskrivelsen også i

¹⁰ Eksplosjonene i 1998 har også navn som er varianter av Shakti, men noteres med et tall mellom 1 og 5, for eksempel ”Shakti-1”. For 1974-eksplosjonen etterfølges ikke ”Shakti” av noe nummer.



Figur 3-2 Resultatet etter Smiling Buddha. Fotografiet er tatt fra helikopter samme dag som detonasjonen fant sted. Hentet fra Sublette (11).

uavhengig litteratur, selv om radien har blitt omtalt å være større (opptil 75 m (12)). Se Figur 3-2. Sprengningen hevdes å ha vært innesluttet (det vil si at radioaktivitet ikke lekket ut).

Regjeringen erklærte på selve dagen at eksplosjonen hadde en sprengkraft på 10 – 15 kt (13). Snart ble anslaget presisert til 12 kt. I ettertid av prøvesprengningene i 1998 har anslaget 12 – 13 kt blitt benyttet (14).

Ladningen ble erklært å ha vært en fisjonsladning av implosjonsdesign og med plutonium som fissilt materiale (slik som Nagasaki-bomben) (13).

Et utvalg av de umiddelbare offisielle uttalelsene er samlet i appendiks D.1.

3.2 Prøvesprengningsområdet

Indias prøvesprengninger ble både i 1974 og 1998 utført ved Pokhran prøvesprengningsområde, som er avmerket med et flagg i Figur 3-3. Pokhran er i Thar-ørkenen i delstaten Rajasthan i Vest-India. Dette er ca 530 km fra New Delhi og ca 100 km fra grensen mot Pakistan.

Posisjonen til krateret skal være bestemt ved hjelp av kommersielle satellittbilder til $27,095 \pm 0,001$ °N og $71,752 \pm 0,001$ °Ø.¹¹ Dette er 1,5 km sørvest for landsbyen Malka, 5,8 km sør-sørvest for landsbyen Loharki, 9,0 km nord-nordøst for landsbyen Khetolai, og 24,8 km nordvest for byen Pokhran. (15)

¹¹ Denne posisjonen har et avvik på 12,5 km fra episenteret som i sin tid ble anslått etter målinger av The International Seismological Center.



Figur 3-3 Prøvesprengningsområdene i India (Pokhran) og Pakistan (Chagai-fjellene) er avmerket med røde flagg.

3.3 Hensikt

Like etter prøvesprengningen ble Smiling Buddha hevdet å ha vært en fredelig eksplosjon (PNE) med hensikt å utvikle den fredelige kjernefysiske sprengningsteknologien til bruk i gruvedrift, kanalgraving og utvidelser av havner. I 1975 hevdet ledelsen for kjernevåpenprogrammet overfor IAEA at Smiling Buddha hadde vært et steg i retning av å studere bristningseffekter i stein, undergrunnsbevegelser, inneslutning av radioaktivitet, og av problemene forbundet med atkomst til prøvesprengningsområdet etter detonasjon (14).

Selve hullet i Pokhran har ikke hatt noen direkte, nyttig anvendelse. Derfor må Smiling Buddha også karakteriseres som en *prøvesprengning*. Grensen er flytende mellom prøvesprengninger som utvikler den fredelige kjernefysiske teknologien (og som derfor er PNE), og prøvesprengninger som utvikler kjernevåpenteknologien. Prøvesprengninger med våpenhensikt vil kunne være langt mer teknisk avanserte enn PNE-er, men ikke nødvendigvis. En fredelig prøvesprengning gir også data som er nyttig for våpenformål, og omvendt.

Det faktum at India hevdet at PNE-en var vellykket, og at staten likevel ikke har anvendt teknologien senere til fredelige formål som gruvedrift, kanalgraving, oljeutvinning eller lignende, taler for at hensikten egentlig var å bekrefte eller utvikle kjernevåpenteknologien. Dessuten ble den neste serien av kjernefysiske prøvesprengninger i 1998 innrømmet å ha våpenhensikt.

Raj Ramanna, som på denne tiden var direktør ved forskningscenteret Bhabha Atomic Research

Centre (BARC) (som er ”nervesenteret” i utviklingen av kjernefysiske ladninger (1)), har i ettertid kommet med uttalelser der han har hevdet at eksplosjonen egentlig hadde våpenhensikt. Den 10. oktober 1997 sa Ramanna til den indiske pressen: ”Pokhran-prøvesprengningen var et kjernevåpen, jeg kan fortelle dere det nå... En eksplosjon er en eksplosjon, et skytevåpen er et skytevåpen, enten du skyter på noen eller skyter i jorden.... Jeg vil klargjøre at den prøvesprengningen ikke var så fredelig.” (11) Dessuten har han i en selvbiografi fra 1991 skrevet at å delta i utviklingen av en prototyp av et kjernevåpen gav ham en spesiell status (16).

3.4 Sprengkraft

Vi så i delkapittel 3.1 at India hevder at Smiling Buddha hadde en sprengkraft på 10 – 15 eller 12 kt. Tekniske beviser er ikke fremlagt.

Som regel angir uavhengige, internasjonale kilder Richter-tallet til

$$m_b = 4,9 . \quad (3.1)$$

NORSAR-anslaget for India og Pakistan (ligningene (2.4) og (2.5)) gir da at Smiling Buddha hadde en sprengkraft i området 7 – 16 kt. Intervallet for sprengkraft blir ikke vesentlig forandret om man tar hensyn til en mindre usikkerhet i Richter-tallet.¹² NORSAR mener at et anslag på sprengkraften for Smiling Buddha på om lag 10 – 15 kt er rimelig (7). Dette vil man få med en relativt lav verdi av berggrunnskonstanten k (mellom 4,00 og 4,15). Det vil si at norsk seismisk ekspertise ikke motstrider Indias påstander, men mener den angitte sprengkraften er troverdig.

I litteraturen vil man finne anslag på Smiling Buddhas sprengkraft som synes vanligvis å være lavere enn den offisielle informasjonen og NORSARs vurdering. La oss gi noen eksempler.

To personer som var sentrale under arbeidet med Smiling Buddha, har i ettertid hevdet at offisiell sprengkraft var overdrevet. Den ene er Homi Sethna, som var leder for Atomic Energy Commission (AEC) under prøvesprengningen og da erklærte at sprengkraften var på 10 – 15 kt (se appendiks D.1). Men i 1996 skal han ha sagt i et intervju at ”sprengkraften var mye lavere enn hva som ble erklært”. Den andre personen er P K Iyengar, som i 1974 var nestkommanderende ved BARC under Ramanna, og som senere ble leder ved AEC. I et intervju med Perkovich i 1996 skal han ha sagt at radiokjemiske analyser tilsa en sprengkraft på 8 – 12 kt. I et annet intervju skal han ha sagt at sprengkraften var på 8 – 10 kt, og at målet for designen var 10 kt. (17) Ifølge Iyengar skal den offisielle sprengkraften altså ha vært litt overdrevet, men ikke så mye. Uttalelsene fra Sethna og Iyengar er ikke offisiell informasjon, og det er vanskelig å si hvor mye de bør vektlegges.

I internasjonal litteratur finner vi estimater som ligger enda lavere, og på det laveste helt ned i

¹² La oss se på en variasjon med $\pm 0,05$ i Richter-tallet. For $m_b = 4,85$ befinner sprengkraften seg (ifølge NORSAR-anslaget for India og Pakistan i ligningene (2.4) og (2.5)) om lag i intervallet 6,3 – 14 kt. For $m_b = 4,95$ befinner sprengkraften seg (ifølge NORSAR-anslaget for India og Pakistan i ligningene (2.4) og (2.5)) om lag i intervallet 8,6 – 18 kt.

2 kt. Federation of American Scientists (18) oppgir anslaget "4 – 6 kt", tilsynelatende utelukkende støttet av den ikke nærmere spesifiserte kilden "vestlig etterretning". The New York Times (19) skriver i 1998 at 2 kt er "gjengs oppfatning" blant ekspertisen og journalister. Forskerne Perkovich (17) og Gupta og Pabian (15) forteller at indiske journalister som omtaler Smiling Buddha som 2 kt, hevder å ha innsideinformasjon fra BARC. (Perkovich (17) omtaler imidlertid estimatet på 12 kt som en "akseptert sannhet".) Analytikeren Albright (20) skriver i Bulletin of the Atomic Scientists at "vestlige eksperter" har stilt spørsmålsteget ved meldingen om en 12 kt-ladning i 1974, og at de skal ha antatt at sprengkraften kan ha vært så lav som 2 kt, med andre ord at ladningen kan ha fizzlet. Stiftelsen The Nuclear Threat Initiative (21) skriver at sprengkraften nok var en del lavere enn 12 kt, trolig 2 – 6 kt.

NRDC Nuclear Notebook 1998 (22) oppgir estimatet "2 – 5 kt", og de forteller at anslaget er basert på Richter-tallet m_b og den annonserte størrelsen på krateret. Imidlertid synes det (på grunn av enkelte sitater) som om Nuclear Notebook har hentet sin informasjon fra en artikkel (23) av den amerikanske seismologen Wallace. Men i originalartikkelen skriver Wallace at det har kommet *påstander* om sprengkraft i intervallet 2 – 5 kt; det er ikke fremkommet etter beregninger. Derfor tyder det på at Nuclear Notebook, i stedet for å føre opp en sprengkraft med vitenskapelig begrunnelse, heller oppgir et rykte om sprengkraft, slik seismologen Wallace oppfatter ryktet.

Påstandene som verserer om sprengkraften til Smiling Buddha, er forskjellige, men det synes som om en sprengkraft i området 2 – 5 kt kanskje er vanligst. Hvordan har egentlig ryktene om lav sprengkraft og fizzling for Smiling Buddha oppstått? Det skal ikke være noen frigitte tekniske indikasjoner på dette. Vi så at to indere, Sethna og Iyengar, har kommet med uoffisielle uttalelser, men det var først i nyere tid (1996), og ingen av dem antydte spesifikt 2 – 5 kt. Dersom man benytter det semipalatinske anslaget (ligning (2.2)) – det vil si uten å ta hensyn til berggrunnsforholdene i India og Pakistan, får man et sprengkraftestimat på 4,0 kt (forutsatt $m_b = 4,9$), som er innenfor intervallet for den vanligste antagelsen.¹³ En ladning som gir et utbytte på 4 kt, kan kalles en fizzle hvis 10 – 15 kt er forventet sprengkraft. Den semipalatinske anslaget ville altså gitt en ganske lav verdi. Denne ligningen ble imidlertid publisert først i 1992. Vi har derfor ikke funnet noen teknisk begrunnelse for påstanden om lav sprengkraft.

Vi har sett at NORSAR med en vitenskapelig begrunnelse støtter Indias annonsering på 10 – 15 kt. I delkapittel 4.3 skal vi gjøre et estimat på relativ sprengkraft mellom 1974 og 1998. Denne beregningen vil igjen bekrefte at en relativt høy sprengkraft i 1974, slik som 10 – 15 kt, er rimelig.

3.5 Teknisk nivå i 1974

Siden det tilsynelatende ikke er enighet i litteraturen om at India faktisk oppnådde den

¹³ Dersom man går ut fra at sprengkraften var på 2 – 5 kt og Richter-tallet $m_b = 4,9$, kreves at berggrunnskonstanten k er om lag 4,4 – 4,7.

sprengkraften som ble annonsert, er det således heller ikke enighet om at detonasjonen var vellykket. Noen kilder omtaler Smiling Buddha som en fizzle.

India var i 1974 allerede en kjernefysisk erfaren stat. Første reaktor ble satt i drift i 1956 og første gjenvinningsanlegg for plutonium i 1964. Arbeidet med en kjernevåpendesign skal ha startet i løpet av siste halvdel av 1960-tallet og kan ha forbrukt flere hundre årsverk. Man må anta at relevante eksperimenter ble utført. Designen skal ha vært ferdig i 1971, og etter dette startet praktisk bygging av ladningen. (1) Etter at staten India hadde nedlagt en stor satsning på å utvikle en kjernefysisk ladning, er det ikke urimelig om den skulle lykkes.

En sprengkraft på 10 – 15 kt er ikke urimelig for en vellykket implosjonsladning. Det kan godt være at Smiling Buddha var konstruert for 10 – 15 kt, og at India oppnådde dette. Vi tror at India i 1974 var i stand til å bygge en vellykket implosjonsladning og følgelig hadde god kjernevåpenkompetanse. Prøvesprengningen Smiling Buddha sannsynliggjorde at India i 1974 hadde evnen til raskt å sette sammen kjernefysiske ladninger med en tilsvarende design. Ladningene kunne ha blitt levert med fly. (På denne tiden hadde ikke India missiler.) Indias militære dominans over Pakistan ble forsterket.

Valget av design var ikke overraskende. Naturlig nok er første prøvesprengning en fisjonsladning. For å konstruere en termonukleær ladning forutsettes at man allerede behersker fisjonsteknikken. Videre var India bare i besittelse av plutonium som fissilt materiale, ikke av uran (1). Plutonium kan bare brukes i implosjonsladninger, ikke i kanonløpsladninger. Derfor ville Indias første prøvesprengning være en fisjonsladning av implosjonsdesign med plutonium.

Prøvesprengningen gav nok India tekniske data og erfaringer som kan brukes til å estimere sprengkraft på andre kjernefysiske ladninger der designen er blitt justert noe. Naturlige forbedringsområder kunne være å sikte på å minimalisere våpenet for enklere levering, å bedre forholdet mellom sprengkraft og masse, å starte termonukleær forskning, samt å utvikle missiler.

4 INDIAS PRØVESPRENGNINGER I 1998 (SHAKTI-98)

Det skulle gå 24 år fra Smiling Buddha til India i 1998 prøvesprengte igjen. India ble imidlertid i mellomtiden beskyldt for å ha forberedt prøvesprengninger i Pokhran som ikke ble noe av: På starten av 1980-tallet og på slutten av 1995. Forskerne Gupta og Pabian (15) konkluderte i 1997 etter tekniske analyser at slike forberedelser mest sannsynlig hadde funnet sted.

Den 11. og 13. mai 1998 erklærte India å ha prøvesprengt kjernefysiske ladninger. I dette kapittelet tar vi for oss de tekniske aspektene ved disse. Først presenterer vi frigitte opplysninger (delkapittel 4.1). Deretter følger uavhengige og ubekreftede teknisk analyser. Først omhandles 11. mai med seismiske målinger (delkapittel 4.2) og sprengkraft (delkapittel 4.3). Deretter gjøres det samme for 13. mai (delkapitlene 4.4 og 4.5). Kapittelet avsluttes med en analyse av Indias daværende kjernevåpenkompetanse, først og fremst basert på våre

kunnskaper og antagelser om prøvesprengningene (delkapittel 4.6).

4.1 Frigitte opplysninger

I mai 1998 skal India ifølge offisiell informasjon ha detonert fem kjernefysiske ladninger i Pokhran. Prøvesprengningene ledet statsminister Atal Bihari Vajpayee til å erklære India som ”kjernevåpenstat” (14. mai 1998). Hans velsiterte uttalelse lyder: ”India er nå en kjernevåpenstat. Våre våpen vil aldri bli brukt som aggresjonsvåpen. Den største betydningen av prøvesprengningene er at de har gitt India *shakti*, de har gitt India styrke, de har gitt India selvsikkerhet.” (24)

Utviklingen av de kjernefysiske ladningene var et samarbeid mellom BARC (underlagt Department of Atomic Energy, DAE) og Defence Research & Development Organisation (DRDO) (26). Se Figur 4-1.



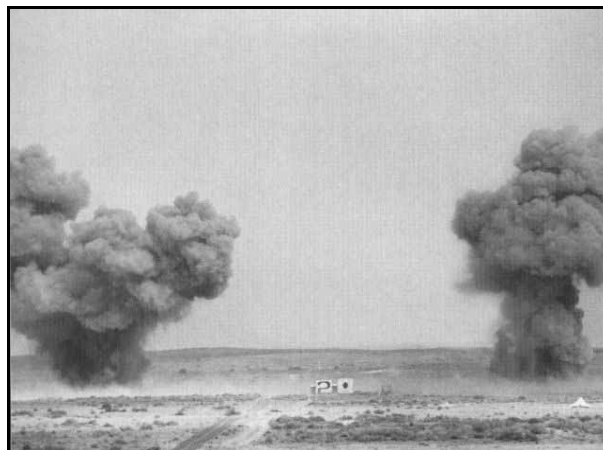
Figur 4-1 Pressekonferanse 17. mai 1998 (referert i (25)). Nummer to fra høyre er dr A P J Abdul Kalam, som var vitenskapelig rådgiver for Forsvarsministeren og direktør for DRDO. Nummer tre fra høyre er dr R Chidambaram, som var leder for AEC og sekretær for DAE. Disse to var prosjektlederne for prøvesprengningene. (26) Hentet fra Sublette (26).

Denne runden av prøvesprengninger kalles ofte *Shakti-98*, *Operasjon Shakti-98*, *Shakti-serien* eller *Pokhran II*. De fem enkelteksplosjonene kan refereres til som henholdsvis *Shakti-1*, *Shakti-2*, *Shakti-3*, *Shakti-4* og *Shakti-5*.

Den 11. mai 1998 skal tre kjernefysiske eksplosjoner ha blitt avfyrt: *Shakti-1*, *Shakti-2* og *Shakti-3*. Se Figur 4-2. De resterende to ble avfyrt den 13. mai 1998: *Shakti-4* og *Shakti-5*. Ladningene i hver av de to rundene skal ha blitt detonert simultant. Alle eksplosjonene skal ha vært vellykkede og med forventet sprengkraft. Prøvesprengningene var underjordiske. Radioaktivitet skal ikke ha sluppet ut (27). Fra indisk hold er det opplyst at de tre eksplosjonene 11. mai utgjorde to prøvesprengninger, mens de to eksplosjonene den 13. mai 1998 utgjorde én prøvesprengning (14) (22). Årsaken til at antallet prøvesprengninger er mindre enn antall

eksplosjoner, er at sjaktene var relativt nær hverandre.

Tabell 4.1 viser en oversikt over den offisielle, tekniske informasjonen for de fem eksplosjonene i 1998. Vi skal nå gå gjennom blant annet denne. Først tar vi for oss eksplosjonene den 11. mai, deretter den 13. mai.



Figur 4-2 Støv som angivelig virvler opp fra eksplosjonene 11. mai 1998. Hentet fra Sublette (26).

De seismiske rystelsene etter prøvesprengningene 11. mai 1998 ble registrert over hele verden. Støttet av kommersielle satellittbilder oppgis posisjonen i uavhengige kilder til 27,078 °N og 71,719 °Ø (28), men det er ikke offisielt bekreftet. Tidspunktet var klokken 10.13.44 GMT.

Dato	Navn	Offisiell sprengkraft	Ladningstype	Antall prøvespr.	
11.5.1998	Shakti-1	43 – 45 kt	55 – 60 kt	2	
11.5.1998	Shakti-2	12 – 15 kt			Termonukleær ladning
11.5.1998	Shakti-3	0,2 kt			Fisjonsladning
13.5.1998	Shakti-4	0,5 kt	0,8 kt	1	
13.5.1998	Shakti-5	0,3 kt			Subkilotonnladning

Tabell 4.1 Tekniske data for Indias fem eksplosjoner i 1998 ifølge indisk offisiell informasjon. Antallet prøvesprengninger er i disse tilfellene mindre enn antallet eksplosjoner. Se hovedteksten for referanser.

Kort tid etter eksplosjonene annonserte indiske myndigheter dem som (25) (27)

- Shakti-1: En termonukleær ladning på 43 – 45 kt;
- Shakti-2: En fisjonsladning på 12 kt;
- Shakti-3: En subkilotonnladning.

Senere er Shakti-2 oppjustert til 15 kt, mens Shakti-3 er presisert til 0,2 kt (14). Publikasjoner fra BARC har støttet annonseringene.¹⁴

Den termonukleære ladningen Shakti-1 og fisjonsladningen Shakti-2 ble lagt i sjakter 1 km fra hverandre (25) i øst-vestretningen. Subkilotonnladningen Shakti-3 ble detonert 2,2 kilometer unna de andre. (14) (22) Av dette følger at to prøvesprengninger ble utført. La oss se på bildene etter eksplosjonene.

¹⁴ BARC News Letter publiserte i mai 1998 estimater på en sammenlagt sprengkraft på 60 kt for prøvesprengningene 11. og 13. mai. I november 1998 presiseres estimatet til 58 ± 5 kt. (29)

Figur 4-3 viser hvordan det så ut etter detonasjonen av Shakti-2. (Bildet er gjengitt mange steder, men ikke alltid med spesifisering av hvilken av eksplosjonene som har funnet sted der. Koblingen mellom bildet og fisjonsekspløsjonen kommer fra Rajagopala Chidambaram (14). Han var leder for AEC, sekretær for DAE og en av prosjektlederene under prøvesprengningene.) Resultatet etter Shakti-2 ser tydelig ut som en "nedsynkning" på overflaten. Etter en underjordisk kjernefysisk eksplosjon dannes det en *kavitet*, som er et underjordisk tomrom. Senere kan jordsmonnet over kaviteten rase nedover og fylle tomrommet, slik at tomrommet beveger seg oppover. Dersom kaviteten når overflaten, dannes en nedsynkning. (30)



Figur 4-3 Slik skal det ha sett ut etter fisjonsekspløsjonen Shakti-2, ifølge Chidambaram (14). Bildet er hentet fra Sublette (26).

Resultatet etter det som skal være den termonukleære eksplosjonen (Shakti-1), er vist i Figur 4-4. (Det er igjen Chidambaram (14) som er kilde til å koble dette bildet med den termonukleære eksplosjonen.) Hva som vises, er vanskelig å identifisere, men det ser ut som et rotete, flatt område. BARC hevder at den termonukleære ladningen Shakti-1 gav en kavitet, og at denne er estimert til ca 40 m (31). Dette bildet kan tyde på at kaviteten etter Shakti-1 ikke nådde overflaten, eller at det skjedde etter at bildet ble tatt. (Proessen kan ta dager (30).)

Et bilde av omgivelsene der subkilotonnladningen Shakti-3 ble detonert, er vist i Figur 4-5. Man kan heller ikke her se noen nedsynkning, noe som ikke er i konflikt med lav sprengkraft.

Indiske myndigheter hevdet at den kraftigste eksplosjonen (Shakti-1) var en totrinns termonukleær ladning, som er svært komplisert å lage. Sekundærladningen, som er termonukleær, skal ha vært fysisk atskilt fra primærladningen og blitt antent etter strålingsimplosjon. Primærladningen i Shakti-1 skal ha vært lik ladningen Shakti-2 (25). I lys av den relativt lave sprengkraften var annonseringen av en termonukleær ladning forbausende. Men India avviste på det sterkeste spekulasjonen om at Shakti-1 "bare" var en boostet fisjonsladning. (14) (25) (31) Indias forklaring var at man måtte holde sprengkraften liten for å møte strenge kriterier om inneslutning av radioaktivt utslipp og minst mulig skade på



Figur 4-4 Slik skal det ha sett ut etter den termonukleære eksplosjonen Shakti-1, ifølge Chidambaram (14). Bildet er hentet fra Sublette (26).



Figur 4-5 Slik skal området der subkilotonnladningen Shakti-3 ble detonert, se ut, ifølge Chidambaram (14). Bildet er hentet fra Sublette (26).

bygningene i nabolandsbyene (27). Ved hjelp av designen som ble prøvesprengt, skal staten være i stand til å lage termonukleære våpen med en variabel sprengkraft på opptil 200 kt (14). Figur 4-6 viser forøvrig et bilde av det som antas å være den termonukleære ladningen.

De to ladningene Shakti-4 og Shakti-5 ble ifølge indiske myndigheter detonert samtidig den 13. mai 1998 klokken 06.51 GMT. De ble oppgitt å være to subkilotonnladninger med sprengkraft ”i området fra 0,2 kt til 0,6 kt” (27). Senere har sprengkraften blitt spesifisert til å være 0,5 kt og 0,3 kt (14) (33). Det er bekreftet at de to subkilotonnladningene ble detonert så nær hverandre at de regnes som én prøvesprengning (14). Årsaken til at eksplosjonene ble utført samtidig skal ha vært hensynet til bekvemmelighet og effektivitet (14). Sprengningene skal ha blitt utført i vertikale sjakter i sanddyner (34). Hensikten med å prøvesprengte de tre subkilotonnladningene Shakti-3, Shakti-4 og Shakti-5 skal ha vært å utvikle våpen med lav sprengkraft og å prøve ut nye våpenrelaterte ideer (14).

Ingen av verdens seismiske målestasjoner har imidlertid registrert noen eksplosjon denne dagen.

Figur 4-7 viser resultatene etter detonasjonene av de to subkilotonnladningene Shakti-4 og Shakti-5. (Det er Chidambaram (14) som identifiserer bildene til hver sin eksplosjon.) Bildene antyder åpning fra jordskorpen og ned, uvisst om det skyldes at eksplosjonen har blåst opp og dannet kratre, eller andre årsaker.

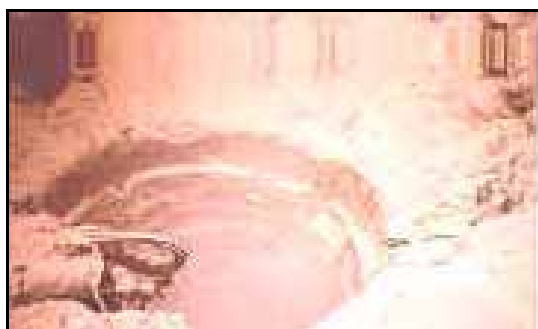
Fisjons- og fusjonsmaterialene som inngikk i de fem ladningene, er ikke offentliggjort.

Ifølge en indisk pressemelding kort tid etter prøvesprengningene skal resultatene fra prøvesprengningene ha gitt data som ville forbedre evnen til å foreta numeriske simuleringer av nye våpendesigner, og som ville gjøre staten i stand til å foreta subkritiske eksperimenter i fremtiden, dersom det skulle bli nødvendig. (27) Prøvesprengningene skal ha gitt India tilstrekkelig informasjon til å utvikle en troverdig kjernefysisk minimumsavskrekker (35). De skal ha gjort India i stand til å forutsi sprengkraften for et vidt spekter av kjernevåpen, med forskjellig energiutbytte, ulike mulige anvendelser og ulike leveringsmidler: Fra subkilotonnladninger, fisjonsladninger, boostede fisjonsladninger og til tottrinns termonukleære ladninger (opptil 200 kt) (14) (27). I 1998 skal India ha hatt designer for ladninger som er tilpasset levering (32).

Et utvalg av de umiddelbare offisielle uttalelsene er samlet i appendiks D.2.



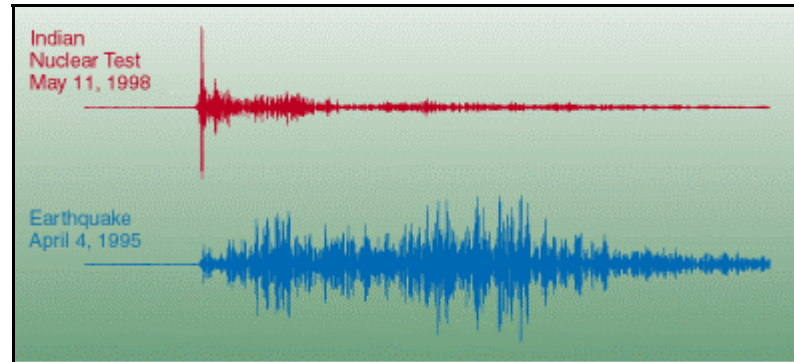
Figur 4-6 Her ser vi én av de indiske kjernefysiske ladningene fra Shakti-98, idet den blir senket ned i sjakten. Bildet er hentet fra Sublette (26), som antar at det er den termonukleære ladningen som vises frem.



Figur 4-7 Angivelig kratrene etter subkilotonnladningene Shakti-4 (til venstre) og Shakti-5 (til høyre), ifølge Chidambaram (14), hvor vi også har hentet bildene.

4.2 Seismiske målinger 11. mai

De indiske prøvesprengningene den 11. mai 1998 var kraftige nok til å bli registrert av seismiske anlegg over hele verden. De seismiske registreringene viser klart at det ganske riktig var snakk om en hendelse av eksplosjonstype (med først og fremst sfæriske forstyrrelser), og ikke et jordskjelv (med først og fremst horisontale forstyrrelser). Figur 4-8 demonstrerer forskjellen.



Figur 4-8 Seismogram av Indias prøvesprengninger 11. mai 1998 (rødt) og et nærliggende jordskjelv (blått) målt ved stasjonen ved Nilore i Pakistan. Man ser de karakteristiske forskjellene mellom eksplosjoner og skjelv, og man fastslår at hendelsen den 11. mai 1998 faktisk var av eksplosjonstype. Figuren er hentet fra Lawrence Livermore National Laboratory (36).

Målte verdier for Richter-tallet m_b den 11. mai varierer som regel mellom 5,0 og 5,3 (37).

Nettverket av internasjonale målestasjoner, The International Data Centre (IDC), som er i ferd med å bygges opp i forbindelse med verifikasjon av Prøvestansavtalen (CTBT, 1996)¹⁵, gav en gjennomsnittsverdi av Richter-tallet på $m_b = 5,0$ (22) (28). NORSAR (37) målte $m_b = 5,1$. Et anslag for Richter-tallet på

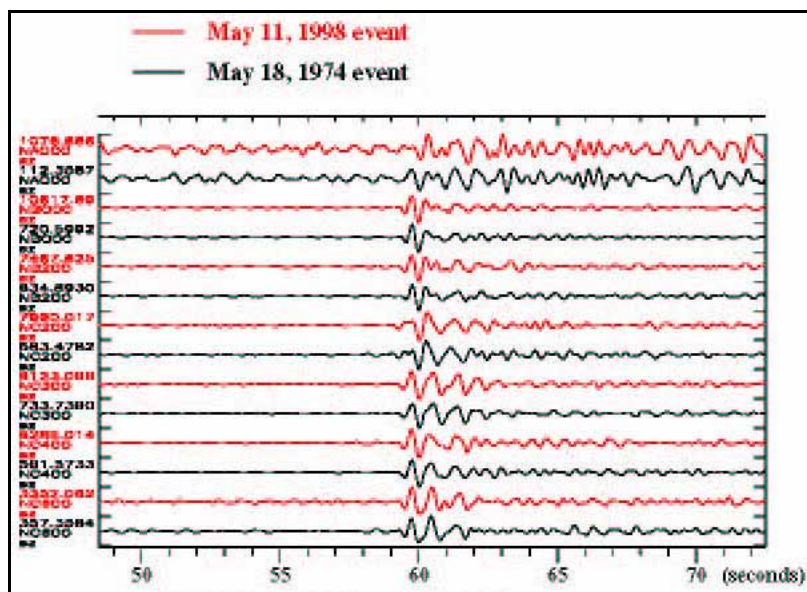
$$5,0 < m_b < 5,1 \quad (4.1)$$

har liten grad av usikkerhet.

En sammenlignende graf av seismiske registreringer fra prøvesprengningene i 1974 og 11. mai 1998 er vist i Figur 4-9.

NORSAR konkluderer med at de to målingene fra 1974 og 11. mai 1998 ikke var veldig forskjellige i amplitudestørrelse, og praktisk talt identiske i bølgeform (37) (38). Likheten i størrelse forteller at sprengkraften den 11. mai ikke var veldig forskjellig fra den i 1974. De nesten identiske bølgeformene betyr at bølgene har forplantet seg i den samme geologien, noe som bekrefter at sprengningene er utført med liten geografisk avstand.

¹⁵ Den folkerettslige avtalen Prøvestansavtalen har det fulle navnet *Traktat om totalforbud mot kjernefysiske prøvesprengninger (CTBT)* av 10. september 1996. Forkortelsen CTBT står for *Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*. Avtalen skal forby alle kjernefysiske prøvesprengninger som fører til en vedvarende kjedereaksjon. Den er ferdigforhandlet, men ikke trådt i kraft. Appendiks C gir noe informasjon om hva avtalen vil og ikke vil tillate. Se også FFI-rapporten (6) om kjernevåpenrelaterte folkerettslige avtaler for mer informasjon om CTBT.



Figur 4-9 Seismiske registreringer av de indiske prøvesprengningene i 1974 (svart) og 11. mai 1998 (rødt). Hentet fra NORSAR (38) og gjengitt med tillatelse.

Den 11. mai hevder India å ha detonert simultant flere ladninger av forskjellig størrelse. Som vi skrev i avsnitt 2.4, vil den største ladningen i slike tilfeller dominere de seismiske signalene. Se i Figur 4-9 hvor lik registreringene for 11. mai 1998 synes registreringene fra 1974, da kun én eksplosjon ble annonsert. Verken NORSAR (38) eller andre internasjonale forskere har funnet beviser for at det fant sted flere eksplosjoner den 11. mai 1998, men det kan heller ikke utelukkes.

4.3 Sprengkraft 11. mai

NORSAR er sikre på at den indiske verdien for sprengkraft 11. mai 1998 er for høy og anslår prøvesprengningen til 15 – 20 kt (7) (38). Også internasjonale forskere generelt bestrider vanligvis de indiske verdiene.

Den første og umiddelbare analysen er å sammenligne tallverdiene for Richter-tallet m_b i 1974 og 11. mai 1998. Vi ser at Richter-tallet for 11. mai (5,0 – 5,1) ikke er mye større enn Richter-tallet fra 1974 (som regel 4,9). (Svenske Forsvarets Forskningsanstalt (39) målte forøvrig 5,0 i 1974, som er det samme som IDC-gjennomsnittet for 11. mai 1998.) Vi kan derfor umiddelbart slå fast at prøvesprengningen 11. mai ikke hadde vesentlig større sprengkraft enn prøvesprengningen i 1974. Vi husker også fra delkapittel 2.4 at det er noe usikkerhet i målingen av størrelsen m_b . Dermed kan man ved nesten like målinger av Richter-tallet vanskelig konkludere med at den ene sprengkraften er vesentlig større enn den andre.

Deretter kan vi beregne relativ sprengkraft mellom eksplosjonene i 1974 og 11. mai 1998. Det at prøvesprengningene ble utført på nesten det samme stedet, gjør det mulig å beregne relativ sprengkraft ganske nøyaktig. Forutsetningen er at Richter-tallene vi bruker, er gode.

For beregningen av relativ sprengkraft tar vi utgangspunkt i at NORSAR er sikre på at

amplitudeutslaget den 11. mai 1998 var maksimalt omlag 50 % større enn det i 1974 (7) (38). Uttrykket for relativ sprengkraft i ligning (2.6) gir da at sprengkraften den 11. mai maksimalt vil være ca 1,7 ganger sprengkraften i 1974, hvis vi benytter Richter-tallene 4,9 og 5,1.¹⁶ Det må tas forbehold om usikkerhetene i målingene av Richter-tallene.

Å kunne beregne relativ sprengkraft er spesielt interessant i det indiske tilfellet. Ved å ta utgangspunkt i sprengkraften som India selv annonserte for Smiling Buddha i 1974, kan vi bruke forholdet 1,7 til å estimere sprengkraften for 11. mai 1998.

Vi husker at India har oppgitt Smiling Buddha til 12 – 13 kt. Vi multipliserer ca 1,7 med 13 kt, og estimatet blir da at sprengkraften den 11. mai maksimalt var om lag 22 kt. Det er interessant her at India blir ”avslørt” når man kombinerer annonseringene vedrørende 1974-prøvesprengningen og målingene av Richter-tallene.

Nå legger vi relativ sprengkraft til side og tar utgangspunkt kun i Richter-tallene for 11. mai 1998 og NORSAR-anslaget for India og Pakistan (ligningene (2.4) og (2.5)). Men vi blir ikke forbauset om denne fremgangsmåten vil gi lignende resultater som relativ sprengkraft gav, siden Indias annonsering for 1974-prøvesprengningen samsvarer ganske godt med NORSAR-anslaget, og NORSARs anbefaling for berggrunnskonstant derfor er fornuftig.

Dersom vi legger til grunn Richter-tallet som NORSAR målte, $m_b = 5,1$, gir NORSAR-anslaget intervallet 15 – 30 kt på sprengkraft. Med gjennomsnittsmålingen til IDC, $m_b = 5,0$, får vi anslaget 10 – 21 kt. En liten variasjon av denne gjennomsnittsverdien gir bare mindre forandringer i sprengkraftestimatet.¹⁷ En sprengkraft for 11. mai 1998 på 10 – 30 kt er derfor ganske rimelig.

Vi finner også at selv om man benytter det konservative anslaget med lav berggrunnskonstant ($k = 4,0$ i ligning (2.3)), som gir høy sprengkraft og går mest i indisk favør, finner man at sprengkraften den 11. mai uansett trolig var en del lavere enn hva India har annonsert. Det semipalantiske anslaget (ligning (2.2)) ville gitt en ganske lav sprengkraft: 5,4 – 7,4 kt (yttergrensene i intervallet gjelder henholdsvis for $m_b = 5,0$ og $m_b = 5,1$), og det er jo heller ikke bra nok ifølge NORSAR.

I internasjonal litteratur er det noe variasjon i estimatene på sprengkraften til prøvesprengningene 11. mai, men de samsvarer bedre med NORSAR enn hva de gjorde for 1974-eksplosjonen. Vårt NORSAR-baserte anslag på 10 – 30 kt er i en generelt akseptert størrelsesorden. Vi gir i det følgende eksempler på andre internasjonale estimater.

Försvarets Forskningsanstalt (40) estimerer 20 – 25 kt, men mener at prøvesprengningene

¹⁶ Sammenligninger med internasjonale estimater av sprengkraften i 1974 og 11. mai 1998 gir som regel et forhold som er litt større enn 1,7, men ikke mye. Eksempelvis har flere kommet frem til et størrelse for relativ sprengkraft på litt over 2. Se blant annet Eliot Marshall (34).

¹⁷ Med en reduksjon med 0,05 (det vil si Richter-tallet $m_b = 4,95$) gir NORSAR-anslaget (ligningene (2.4) og (2.5)) om lag sprengkraftintervallet 8,6 – 18 kt.

faktisk kan ha vært så store som India hevder på grunn av store usikkerheter. Federation of American Scientists (18) anslår 12 – 25 kt, basert på det de hevder er ”informasjon fra amerikanske myndigheter og uavhengige eksperter”. Relativ sammenligning gir at dette anslaget ikke henger sammen med deres anslag på 1974-sprengkraften (4 – 6 kt, se delkapittel 3.4). Det samme gjelder The New York Times (19). Prøvesprengningen 11. mai 1998 anslås til 25 kt, mens i 1974 skal den ha vært 2 kt. Et forhold på 12 er veldig forskjellig fra 1,7.

Barker et al (en gruppe med 19 amerikanske akademikere og statlige seismologer) skriver i Science (28) at det semipalatinske anslaget passer best for de indiske og pakistanske prøvesprengningsområdene. Resultatet fra deres beregninger er at sprengkraften 11. mai 1998 anslås til ”12 kt eller 9 – 16 kt med 95 % sikkerhet”.^{18, 19}

NRDC Nuclear Notebook 1998 (22) lister også ”12 kt (9 – 16 kt)”, uten begrunnelse. Likheten i anslaget tyder på at Nuclear Notebook baserer seg på Science (28) og gruppens semipalatinske anslag. Som vi husker fra delkapittel 3.4, hadde Nuclear Notebook et forholdsmessig lavt anslag for 1974-eksplosjonen. Forholdet mellom anslagene for 11. mai 1998 og 1974 blir altfor stort, slik at Nuclear Notebook ikke er konsistent.

For øvrig fins det også uavhengige anslag som går god for Indias, eksempelvis ved R Clark (41) og J Evernden (14).

I indisk litteratur finner man beregninger og målinger som skal vise at sprengkraften virkelig var så høy som opprinnelig annonsert. Men vi finner ikke bevisene vitenskapelig gode nok, og de får oss ikke til å avvise de internasjonale anslagene. La oss likevel presentere dem.

BARC hevder at årsaken til internasjonal underestimering av sprengkraften for 11. mai (og mangelen på registrering av prøvesprengningen 13. mai) er at flere eksplosjoner ble foretatt simultant. De seismiske bølgene fra de forskjellige detonasjonene skal ha interferert destruktivt med hverandre, fordi det var en liten avstand mellom sjaktene. Da har amplitudene blitt redusert. BARC hevder at de seismiske signalene i nord-sør-retningen er mer pålitelige, og at det egentlige Richter-tallet 11. mai derfor var 5,39. (29)

Det stemmer at et så høyt Richter-tall gir en sprengkraft på omlag 60 kt. Men uavhengige seismologer går ikke god for denne justeringen av Richter-tallet. Siden India gjennom sin erklæring om 12 kt for 1974-eksplosjonen avslører seg selv, er strategien tydeligvis heller å forsøke seg på å forandre Richter-tallet for 11. mai, slik at offisiell sprengkraft likevel skal stemme.

BARC har også presentert det som hevdes å være indiske radiokjemiske analyser etter den

¹⁸ Gruppen har ikke ført opp noe estimat for Smiling Buddha. Divisjon av 11. mai-anslaget med faktoren 1,7 ville gitt anslaget 5 – 9 kt for Smiling Buddha, altså lavere enn indisk informasjon.

¹⁹ Fremgangsmåten er ukjent. Gruppen benytter Richter-tallet 5,0. Da er det semipalatinske anslaget (ligning (2.2)) 5,4 kt, men det er forskjellig fra 9 – 16 kt. Selv om de har fått et resultat som er høyere enn 5 kt, er resultatet på 9 – 16 kt fremdeles lavt.

termonukleære ladningen Shakti-1. Analysene skal ha vist at sprengkraften var 50 ± 10 kt. (31) De offentliggjorte grafene som skal vise målingene, anser vi ikke som vitenskapelig tilfredsstillende, siden blant annet tall og enheter på aksene mangler.

Den tidligere prosjektlederen Chidambaram (14) forsøker også å heve Richter-tallet for 11. mai og hevder det skal være 5,47. Dette skal være gjennomsnittet fra de indiske målestasjonene. Han hevder at annonsert sprengkraft har blitt bekreftet av analyser fra globale og regionale seismiske data, av målinger av gammastråling, og av radiokjemiske målinger av jordsmonnet.

Konklusjonen er at sprengkraften 11. mai 1998 helt sikkert er mindre enn det indiske anslaget på 55 – 60 kt (7). Det er en viss usikkerhet i sprengkraften fordi slike estimater er vanskelige å gjøre. Basert på NORSAR-anslaget for India og Pakistan anser vi sprengkraften til å være om lag 10 – 30 kt. India har trolig oppgitt et tall som er to til fire ganger for stort.

4.4 Seismiske målinger 13. mai

Ingen seismiske målere verden over registrerte noen prøvesprengning 13. mai 1998 – bortsett fra angivelig de indiske. De internasjonale målestasjonene har derimot fanget opp mindre jordskjelv. Derfor er denne påståtte prøvesprengningen den mest kontroversielle av alle de indisk-pakistanske prøvesprengningene. BARC hevdet at indiske seismogrammer skulle bli publisert som beviser (34), men det har ikke skjedd.

BARC (33) og den tidligere prosjektlederen Chidambaram (14) har publisert påståtte målinger av gammastråling og radioaktivitet fra subkilotonnladningene Shakti-4 og Shakti-5. Også denne gangen er grafene mangelfulle og uten størrelser på aksene.

Basert på grensen for minste detekterbare signal ved målestasjonen i Nilore estimerer NORSAR (37) at Richter-tallet m_b må ha vært mindre enn 2,5 dersom en prøvesprengning virkelig har funnet sted.

4.5 Sprengkraft 13. mai

Sprengkraften til eksplosjoner kan skjules/redueres gjennom dekobling (mellom eksplosjon og seismisk signal).²⁰ Ifølge The National Academy of Sciences (42) skal 1 – 2 kt være den praktiske øvre grensen for effektiv dekobling. Dekobling kan gjøres ved å detonere i et digert underjordisk hulrom.²¹ (42) Hensikten vil da være å holde detonasjonen hemmelig. Det synes ikke å ha vært Indias intensjon for 13. mai 1998, siden staten offentliggjorde prøvesprengningen. India har også kunngjort at eksplosjonene skjedde i en sanddyne, noe som ikke gir like effektiv dekobling som store underjordiske hulrom.

I internasjonal litteratur er det enighet om at den indiske informasjonen om en sprengkraft på

²⁰ Eksplosjoner kan også maskeres med samtidige konvensjonelle sprengninger eller jordskjelv (42).

²¹ I salt i en dybde av 1 km trengs et sfærisk hulrom med radius 25 m (som medfører et tverrsnittsareal på 8 000 m²) for å dekke en 1 kt-eksplosjon (42).

0,8 kt ikke kan ha vært tilfelle. En så stor prøvesprengning ville ha blitt registrert av målestasjoner over hele verden (7). Det er også internasjonal enighet om (etter studier av bakgrunnsstøyen) at sprengkraften må ha vært *betydelig* mindre enn 0,8 kt. Prøvesprengningene 11. mai ble nemlig godt registrert ved målestasjonen i Nilore med et forhold mellom signal og støy på mer enn 1 000 (28).

Det må tas hensyn til at prøvesprengningen hevdes å ha vært i en sanddyne. Sandlig miljø reduserer koblingen mellom eksplosjonsenergi og seismiske bølger. Estimerer for sprengkraften må være høyere enn for hard og stabil berggrunn. Konstanten k for Indias og Pakistans prøvesprengningsområder må reduseres i ligning (2.5).

Alle forhold tatt i betraktning bedømmer NORSAR prøvesprengningen til å ha hatt en total sprengkraft på maksimalt 0,2 kt, og gjerne langt lavere enn det, dersom den virkelig har funnet sted (38). Andre eksperter går enda lengre og sier at en prøvesprengning på bare noen titalls tonn ville ha blitt registrert. Barker et al i Science (28) for eksempel setter øvre grense til om lag 0,030 kt.

4.6 Teknisk nivå i 1998

India hadde i 1998 store kjernevåpenrelaterte kunnskaper. Staten hadde lang erfaring og fikk sannsynligvis et stort teknisk utbytte, samt muligheter for korreksjoner etter fisjonseksplisjonen Smiling Buddha i 1974. Etter denne hadde staten hatt hele 24 år med mulighet for forskning og utvikling før Shakti-98.

Som vi så i delkapitlene 4.3 og 4.5, er det ikke samsvar mellom annonsert og beregnet total sprengkraft verken for prøvesprengningene 11. eller 13. mai 1998. For 11. mai ble 55 – 60 kt annonsert, mens kanskje 10 – 30 kt ble målt. For 13. mai ble 0,8 kt annonsert, men ingen signaler detektert. Det er dessverre umulig fra estimert sprengkraft å si nøyaktig hva India forsøkte eller klarte å detonere under Shakti-98. Dette delkapittelet tar for seg muligheter, og hva vi tror er mest sannsynlig.

Vi starter med generelt å vurdere det fissile materialet og antallet eksplosjoner (avsnitt 4.6.1). Deretter gjør vi noen betraktninger om hva slags ladninger som kan ha blitt prøvesprengt (avsnittene 4.6.2 og 4.6.3). Analysene av det tekniske nivå avsluttes med en kort oppsummering av konklusjonene (avsnitt 4.6.4).

4.6.1 Fissilt materiale og antallet eksplosjoner

India har ikke avslørt hvilke/hvilket fissilt materiale som ble brukt under Shakti-98. Det er kjent at India har store mengder ikke-overvåket våpenplutonium. Mengden våpenuran (eller for den saks skyld *høyanriket uran*) var ukjent, men antas å ha vært neglisjerbar i forhold. (1) (Høyanriket uran²² er uran med høy andel av isotopen uran-235, men andelen kan likevel være en god del lavere enn ved våpenuran. Selv om vi i introduksjonen i delkapittel 2.2 har operert

²² Høyanriket uran er uran med minst 20 % av isotopen uran-235. Mer i appendiks A.2 i FFI-rapportene (1) og (2).

med våpenuran i ladningene, som nok er det optimale, kan vi ikke utelukke at urankvaliteter dårligere enn våpenuran kan ha vært aktuelt i dette tilfellet.) Vi er derfor sikre på at plutonium har vært det viktigste fissile materialet. Høyenriket uran i et mindretall av ladningene kan imidlertid ikke utelukkes. Det har vært spekulert i om subkilotonnladningene kan ha bestått av uran, men ingenting er på det rene. (Se for eksempel det indiske magasinet *Frontline* (32) eller analytikeren Albright (20).)

Uavhengige analytikere har også spekulert i om deler av plutoniumet kan ha vært av lavere kvalitet enn våpenkvalitet. Det skyldes i så fall ikke mangel på våpenplutonium, for det har India lett tilgang på. Meldinger i media antydte at den påståtte subkilotonnladningen 11. mai kan ha bestått av ikke-våpenplutonium. Analytikeren Perkovich (17) spekulerer i om kvaliteten på det aktuelle fissile materialet kan ha vært et sted mellom våpenkvalitet og såkalt *reaktorkvalitet*.²³ (17) Plutonium av reaktorkvalitet (også kalt *reaktorplutonium*) har en relativt høy andel isotoper forskjellig fra plutonium-239.²⁴

Vi ser i Tabell 1.1 at det totale antallet annonserte vellykkede kjernefysiske eksplosjoner er seks for både India og Pakistan. Sammentreffet kan være konstruert. Man kan tenke seg at Pakistan, som var nummer to ut, følte et matchingsbehov og derfor justerte antallet eksplosjoner opp (”pressemeldingseksplosjoner”). Men man kan også tenke seg at India hadde etterretningsinformasjon om Pakistans aktiviteter og visste hva Pakistan kom til å detonere eller annonsere å ha detonert. Derfor kan det være at også India har hatt et matchingsbehov. En annen grunn til eventuelt å komme med misledende informasjon om antallet eksplosjoner (eller andre data) er ønsket om å forvirre motparten.

Vi kan ikke ut fra estimert sprengkraft si hvor mange eksplosjoner India detonerte. Sprengkraften for 11. mai 1998 kan teoretisk sett tilsvare én ladning eller mange – for eksempel tre, som India selv hevder. Sammenligning av sprengkraft for 1974 og 11. mai har gitt at den siste var 1,7 ganger større (delkapittel 4.3). Men siden India i mellomtiden har hatt god anledning gjennom 24 år til å videreutvikle teknologien, kan staten ha utviklet designer for ladninger med både mindre og større sprengkraft. Vi kan derfor ikke av sammenligningen av sprengkraft si at India detonerte for eksempel to ladninger den 11. mai.

4.6.2 Fisjonsladninger, boostede fisjonsladninger eller termonukleære ladninger?

Estimatet på samlet sprengkraft 11. mai 1998 (Shakti-1, Shakti-2 og Shakti-3) som vi går ut fra, er altså 10 – 30 kt. Dette er en sprengkraft som fint kan tilsvare én typisk middels kraftig og vellykket fisjonsladning. Fordi tre vellykkede eksplosjoner ble annonsert – inkludert til og med en termonukleær eksplosjon – fremstår denne sprengkraften som spesielt liten.

India annonserte én vellykket standard fisjonsladning (Shakti-2), som også hadde boosting

²³ Se Perkovich (17) side 428f.

²⁴ *Reaktorplutonium* består av minst 18 % plutonium-240 (81). Reaktorplutonium har blitt bestrålt lenger i en reaktor og er mindre gunstig for bruk i kjernevåpen enn våpenplutonium, blant annet på grunn av såkalte spontane fisjoner og risiko for såkalt predetonasjon. Mer i appendiks A.2 i FFI-rapportene (1) og (2).

ifølge ubekreftede meldinger (delkapittel 4.1). Vi tror at staten lyktes med minst én implosjonsladning som kan ha vært en videreutvikling av Smiling Buddha. I 1998 hadde India et avansert kjernefysisk program, lang erfaring, og hadde lenge forsket på fusjon (1). Derfor anser vi det som sannsynlig at forskerne ønsket å eksperimentere med boosting i 1998, og at de trolig lyktes.

Shakti-1 var den angivelige totrinns termonukleære ladningen. En vellykket detonasjon av en slik ladning den 11. mai impliserer at den må ha hatt en veldig liten sprengkraft. Estimert øvre grense for total sprengkraft den dagen er 30 kt. Siden Shakti-2 hevdes å ha vært på 12 kt, og primærladningen i Shakti-1 skal ha vært "tilsvarende" denne, kan man slutte at sekundærladningen i Shakti-1 maksimalt kan ha bidratt med energien 6 kt. (Vi ser bort fra et lite bidrag fra den angivelige subkilotonnladningen.) Det vil utgjøre et lite fusjonsbidrag.

Med et lite sekundærbidrag er det ikke *behov* for en termonukleær ladning. Mange analytikere har derfor trukket Indias påstand i tvil.²⁵ De første totrinns termonukleære eksplosjonene (som ble utført av de anerkjente kjernevåpenstatene) var svært kraftige: Fra 1,6 Mt til over 10 Mt (22). Termonukleære eksplosjoner assosieres ofte med de kraftigste eksplosjonene som noen gang har vært detonert.

Flere andre kilder har som hovedteori at det trolig var en termonukleær ladning, men at antenningen av det andre trinnet mislyktes. Det hevdes at "amerikanske eksperter" etter studier skal ha kommet frem til at primærladningen detonerte, men at videreantennelsen feilet. Ekspertisen som det refereres til, er blant annet ikke-navngitte analytikere ved Lawrence Livermore National Laboratory. (26) (45) (47)

Vi tror at India ganske sikkert ikke har ment å sette av en termonukleær ladning med svært høy sprengkraft. Det var nok opplagt for India at bare relativt beskjedne prøvesprengninger ville bli en stor politisk belastning. Store prøvesprengninger ville være enda mer provoserende. India ønsket trolig å overholde forpliktelsene overfor Den delvise prøvestansavtalen (LTBT, 1963)²⁶, som blant annet ikke tillater radioaktivt utslipp utenfor statsgrensene. Det indiske prøvesprengningsområdet er dessuten nær den pakistanske grensen.

En totrinns termonukleær ladning behøver imidlertid ikke å ha høy sprengkraft. Det skal være mulig å skalere sprengkraften ned til lav (22). Nøytronbomben er et eksempel på en totrinns

²⁵ Se for eksempel NRDC Nuclear Notebook 2002 (43), Totalförsvarets Forskningsinstitut (44), Federation of American Scientists (18), Hibbs (45), Rediff On The NeT (46), The New York Times (19) eller Programme for Promoting Nuclear Non-Proliferation (47). The New York Times (19) hevder at Shakti-1 trolig bare var et boostet fusjonsvåpen. Avisen støtter teorien til intervju med H York (som skal være en amerikansk tidligere kjernevåpendesigner), og til intervju med V Gupta (som jobbet med nedrustning ved Sandia National Laboratories i USA).

²⁶ Den delvise prøvestansavtalen har det fulle navnet *Traktat om forbud mot prøver med kjernefysiske våpen i atmosfæren, det ytre verdensrom og under vannet* av 5. august 1963. Den forkortes ofte til LTBT etter *Limited Test Ban Treaty*. Mer om avtalen i FFI-rapporten (6).

termonukleær design med lav sprengkraft (typisk 1 kt (48)).²⁷ Men likevel tror vi ikke at India vellykket detonerte en totrinns termonukleær ladning med lav sprengkraft i 1998. Årsaken er at det generelt antas at det ligger store tekniske utfordringer i design av termonukleære ladninger, og ikke minst hvis sprengkraften skal være lav. India hadde i 1998 bare prøvesprengt én gang tidligere.

Men en vellykket, liten termonukleær ladning kan ikke utelukkes helt. Albright (20) er en analytiker som tror at India kan ha klart det. India har nok hatt god nytte av den eksplorative IT-utviklingen de senere år i sine simuleringer. Dette kan ha gjort arbeidet enklere enn hva det var for kjernevåpenstatene før i tiden. Dessuten er mange ideer som var "blindspor", kjent, slik at India kunne gå rett på den beste designen (totrinns termonukleær).

Vi tror at India mest sannsynlig foretok et termonukleært *eksperiment*.²⁸ Termonukleære eksperimenter kan nemlig også være totrinns og benytte seg av strålingsimplosjon. Med begrepet *totrinns termonukleært eksperiment* forstår vi detonasjon av en totrinns termonukleær ladning der bare et relativt lite antall termonukleære reaksjonene undergår.²⁹ Sprengkraften til et totrinns termonukleært eksperiment blir da tilnærmet den samme som sprengkraften til primærladningen. Trolig vil India i så fall ha utviklet en termonukleær design som ligger nær en design som er anvendbar i våpen, slik at eksperimentet har mest mulig nytte. Hensikten kan være å skaffe erfaringer, forskningsresultater eller eksperimentelle bekreftelser. Det er verdt å merke seg at denne hypotesen gir muligheten for at den indiske annonseringen medførte formell riktighet.

4.6.3 Subkilotonnladninger?

Den 13. mai 1998 hevdet India å ha detonert subkilotonnladningene Shakti-4 og Shakti-5 med total sprengkraft på 0,8 kt. Mulig motivasjon for slike små prøvesprengninger er utprøving av taktiske kjernevåpen, å prøve ut ideer, studere hva som skjer før ladningen har gått veldig overkritisk, studere starten av en kjernefysisk eksplosjon, eller å skaffe seg andre eksperimentelle erfaringer.

Den sikreste konklusjonen seismologene har kunnet trekke om Indias prøvesprengningsprogram i 1998, er at India ikke fikk et utbytte på 0,8 kt den 13. mai. Konklusjonen baseres på at ingen uavhengige målestasjoner har registrert noe seismisk signal. (7) Mulige forklaringer er da at:

²⁷ India har spesifikt hevdet at staten er i stand til å lage nøytronbomben (ved AEC-leder R Chidambaram i 1999 (49)). I 2000 sa India at staten "har nøytronbombekompetanse" (ved AEC-leder og DAE-sekretær dr A Kakodkar).

²⁸ P K Iyengar, som var nestkommanderende under Ramanna ved BARC under utviklingen av 1974-designen, har kommet med uoffisielle og ubekreftede påstander etter Shakti-98 som kanskje kan støtte teorien om et totrinns termonukleært eksperiment. Han har sagt at Shakti-1 ikke var en full termonukleær eksplosjon, og at mesteparten av energien kom fra primærladningen. Eksplosjonen skal ha vist at Indias termonukleære teknologi fungerte, men sprengkraften ble holdt avgrenset. (26) Men merk at Iyengar også har sagt at Shakti-1 hadde en sprengkraft på 50 – 100 kt, noe som vi vet ikke stemmer.

²⁹ Derimot vil vi med begrepet *totrinns termonukleær prøvesprengning* forstå detonasjon av en totrinns termonukleær ladning som er designet slik at de termonukleære reaksjonene blir vedlikeholdt.

- a) De to små ladningene Shakti-4 og Shakti-5 var *bløff* ("pressemeldingsekspløsjoner"), slik at bildene i Figur 4-7 er falske;
- b) Detonasjonene *fizzlet* (hadde betydelig lavere sprengkraft enn annonsert); eller
- c) At *eksperimenter* med ingen eller veldig lav og uregistrert sprengkraft ble utført.

Siden subkilotonnladninger er fisjonsladninger som bare så vidt går over kritisk grense, er de vanskeligere å lykkes med enn middels store ladninger. Marginal kritikalitet krever en større grad av presisjon i ingeniørarbeidet og designen, så vel som større korrekthet i de teoretiske beregningene. En liten svikt eller feilberegning kan medføre at fisjonsladningen ikke går kritisk. Da starter ingen kjernefysisk kjedereaksjon, og detonasjonen blir en fiasko. (Eventuelt kan presisjonsfeilen gå motsatt vei, slik at sprengkraften blir høyere enn forventet.) Det er ikke usannsynlig om den eksperimentelt relativt uerfarne staten India delvis mislyktes i denne presisjonen (teori b). Hvis subkilotonnladningene *fizzlet*, kan bildene av kratrene i Figur 4-7 være ekte.

Teori c innebærer at India i virkeligheten kan ha utført såkalte *hydrodynamiske* eller såkalte *subkritiske eksperimenter* (se appendiks C), men annonserte dem som kjernefysiske prøvesprengninger. Denne teorien har blitt fremsatt blant enkelte internasjonale analytikere. For oss høres denne teorien noe søkt ut. Vi forventer at India fra tid til annen, uten å annonsere det, utfører hydrodynamiske og subkritiske eksperimenter. Dessuten ville neppe slike eksperimenter ha gitt slike kratre som vi så i Figur 4-7.

4.6.4 Oppsummering

Vi konkluderer med at India ganske sikkert lyktes med minst én eksplosjon av en implosjonsladning, siden staten har 24 års erfaring med denne type design. Dessuten hadde India både produsert tritium og hatt et termonukleært program gående i mange år og ønsket nok å øke den eksperimentelle erfaringen på dette området. Derfor kan boosting trolig ha vært involvert. Det kan også godt være at India har foretatt et termonukleært eksperiment og kanskje har prøvd ut deler av en totrinns termonukleær design. Om en full prøvesprengning av en liten termonukleær ladning er utført, er vanskelig å si. Basert på at prøvesprengningen av de to subkilotonnladningene 13. mai ikke ble seismisk detektert, antar vi at subkilotonnladningene enten var *bløff*, eller at de gav en langt lavere sprengkraft enn forventet. Det kan likevel ikke utelukkes at India i 1998 hadde kompetanse på taktiske kjernevåpen.

5 PAKISTANS PRØVESPRENGNINGER I 1998 (CHAGAI)

Da India prøvesprengte i 1974, var Pakistan helt uten kjernevåpenkompetanse. Staten hadde ikke engang begynt å produsere fissilt materiale. Man antar at Pakistan lagde sine første kjernefysiske ladninger ca 1989-1990. (2)

Rundt årsskiftet 1995-1996 var det frykt for at Pakistan skulle prøvesprengte. Erkerivalen India ble offentlig beskyldt for å forberede prøvesprengninger, og kort tid etter skal satellittbilder angivelig ha vist forberedelser i Chagai-fjellene i Pakistan. (50) Ingen prøvesprengninger ble

imidlertid utført.

Da India prøvesprengte i mai 1998, ble man ikke overrasket over at de første pakistanske kjernefysiske eksplosjonene fulgte kort tid etter: den 28. og 30. mai samme år. Pakistan forsøkte ikke å holde forberedelsene skjult, og de ble observert og omtalt i media rett før.

I delkapittel 5.1 ser vi på de frigitte opplysningene. I delkapittel 5.2 behandler vi prøvesprengningsområdet. Deretter følger en uavhengig og ubekreftet teknisk del: Presentasjon av seismiske målinger (delkapittel 5.3), sprengkraft (delkapittel 5.4), og til slutt en analyse av Pakistans daværende kjernevåpenkompetanse (delkapittel 5.5).

5.1 Frigitte opplysninger

Pakistan skal ifølge offisiell informasjon ha detonert henholdsvis fem og én kjernefysisk ladning den 28. og 30. mai 1998. Eksplosjonene skal ha blitt gjennomført i prøvesprengningsområdet ved Chagai-fjellene. La oss kalle de to hendelsene henholdsvis *Chagai-1* og *Chagai-2*, slik som observert i litteraturen. Alle eksplosjonene skal ha vært vellykkede og gitt forventede resultater. Prøvesprengningene var underjordiske, og det skal ikke ha blitt noen utslipp av radioaktivitet. (51) (52)

Vedrørende Pakistans prøvesprengninger ble det frigitt mindre offisiell informasjon enn Indias. Frigitt informasjon er også i større grad motstridende. Det er dessuten vanskeligere å finne den informasjonen som i sin tid ble frigitt, på offisielle nettsteder i dag. I et forsøk på å skaffe sikker offisiell informasjon henvendte vi oss til Pakistans ambassade i Oslo, og spørsmålene våre ble videreformidlet til pakistanske myndigheter. Vi spurte om offisiell sprengkraft (total og enkeltvis), hvor prøvesprengningsområdet var, om sjakter eller tunneler ble brukt, hva som var det fissile materialet, og om man hadde benyttet kanonløpsdesignen eller implosjonsdesignen. Etter sju måneder fikk vi et brev fra ambassaden som videreformidlet fra myndighetene at alt vi spurte om var gradert og ikke kunne besvares.

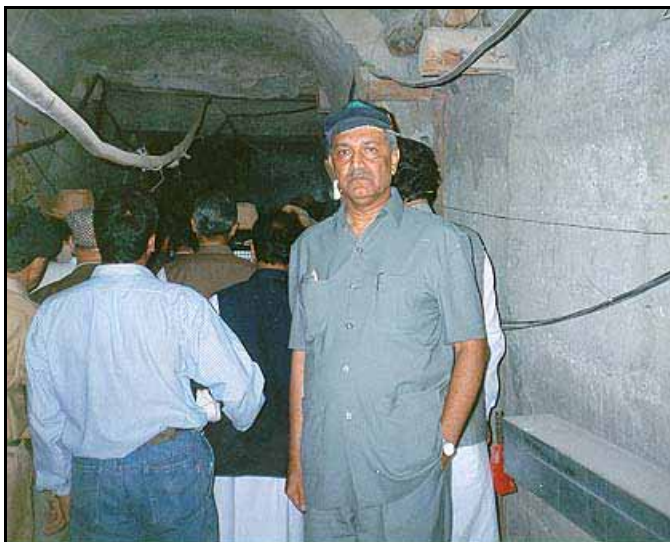
Tabell 5.1 oppsummerer den offisielle/meldte tekniske informasjonen som har vært tilgjengelig for oss.

Dato	Navn	Antall eksplosjoner	Antall prøvespr.	Meldt sprengkraft
28.5.1998	Chagai-1	5	1	40 – 45 kt
30.5.1998	Chagai-2	1	1	12 – 18 kt

Tabell 5.1 Angitte data for Pakistans seks kjernefysiske eksplosjoner. For Chagai-1 antar vi at eksplosjonene utgjorde kun én prøvesprengning (se hovedteksten). Meldt sprengkraft er referert i media og hevdes å ha opphav i offisielle kilder. Se hovedteksten for referanser.

Vi skal nå først ta for oss Chagai-1 og deretter Chagai-2.

Ved hjelp av seismiske målinger er prøvesprengningen Chagai-1 bestemt til den 28. mai 1998 klokken 10.16.17 GMT. Støttet av kommersielle satellittbilder er posisjonen bestemt til 28,830 °N og 64,950 °Ø (28), men det er ikke offisielt bekreftet. Eksakt separasjon mellom eksplosjonene i rom og tid er ikke kjent. Chagai-1 skal ha blitt detonert i en tunnel i et fjell. Vi antar at alle ladningene befant seg innenfor en diameter på 2 km, slik at de multiple eksplosjonene kan regnes som én prøvesprengning. Figur 5-1 viser dr A Q Khan inne i prøvesprengningstunnelen, Figur 5-2 viser fjellet under detonasjonen, og Figur 5-3 viser pakistanske forskere som poserer foran det.



Figur 5-1 Dr A Q Khan. Hentet fra Sublette (53), som hevder at dette viser tunnelen der prøvesprengningen Chagai-1 ble utført.



Figur 5-2 Pakistans første prøvesprengning Chagai-1 ble utført i en tunnel i et fjell ved Chagai-fjellene. Under eksplosjonene skal fjellene ha buldret, og på bildet ser vi støvet lette. Hentet fra Sublette (53).

Det skal ha vært noe umiddelbar forvirring om antallet ladninger som ble avfyrt. Ifølge nyhetsreferater (54) gikk det først rykter om to ladninger, deretter tre, før statsministeren fastslo antallet til fem (51).

Vi husker at pakistanske myndigheter i brev svarte oss at også sprengkraften er gradert. Imidlertid har det kommet meldinger i media, som hevdes å ha opphav i offisielle kilder. Ifølge nyhetsreferater (55) (56) (57) skal det ha "blitt meldt" fra pakistansk hold at den totale sprengkraften til Chagai-1 skal ha vært opptil 40 kt. Ifølge andre referater (17) (58) skal offisiell informasjon kort tid etter prøvesprengningen ha vært at Chagai-1 hadde sprengkraft på



Figur 5-3 Pakistanske forskere poserer i prøvesprengningsområdet. Dr S Mubarakmand (fra Pakistan Atomic Energy Commission og med ansvaret for kjernevåpenprogrammet) står i midten av bildet til høyre for mannen med den blå bereten. Dr A Q Khan ("den pakistanske bombens far") står til venstre for samme person. Hentet fra Sublette (53).

40 – 45 kt. Denne informasjonen skal ha hatt sin opprinnelse hos dr S Mubarakmand (fra Pakistan Atomic Energy Commission (PAEC) og med ansvaret for kjernevåpenprogrammet). Ifølge nyhetsreferater (55) (56) (57) er offisiell informasjon fra Pakistan Atomic Energy Commission (PAEC) at Chagai-1 hadde et Richter-tall på $m_b = 5,0$. Som vi skal se i delkapitlene 5.3 og 5.4, viser uavhengige analyser at de pakistanske meldingene på total sprengkraft og Richter-tall må være for høye.

Det eksisterer to ulike meldinger om fordelingen av type ladninger og deres sprengkraft for Chagai-1, og begge hevdes å ha sin opprinnelse i offisielle kilder. Vi har ikke funnet bekreftelse på at noen av disse versjonene faktisk er offisiell informasjon, slik at de heller synes som rykter eller ubekreftede antydninger fra pakistansk hold. Informasjonen antyder fisjonsladninger og subkilotonnladninger, og den ene versjonen spesifiserer boosting. Det kom ingen påstander om detonasjon av termonukleære ladninger.

Tabell 5.2 viser den ene meldingen med detaljer om enkeltladningene under Chagai-1. Det skal ha vært to fisjonsladninger (henholdsvis 25 kt og 12 kt) og tre subkilotonnladninger. Sammenlagt blir dermed den totale sprengkraften i området 37 – 40 kt. Kilden (57) omtaler opplysningene som "ubekreftede meldinger som siterer offisielle kilder i Islamabad".³⁰

³⁰ Informasjonen fins også hos S McNichols (59) og Försvarets Forskningsanstalt (40), uten referanse.

Dato	Navn	Meldt sprengkraft	Ladningstype	
28.5.1998	Chagai-1	25 kt	Fisjonsladning	
28.5.1998		12 kt	Fisjonsladning	
28.5.1998		< 1 kt	37 – 40 kt	Subkilotonnladning
28.5.1998		< 1 kt		Subkilotonnladning
28.5.1998		< 1 kt		Subkilotonnladning

Tabell 5.2 Meldte detaljer om enkeltladningene under Chagai-1 ifølge Pakistan Institute for Air Defence Studies (57). Ikke offisielt bekreftet.

Tabell 5.3 viser den andre meldingen med ubekreftede detaljer om Chagai-1. Alle ladninger skal ha hatt uran som fissilt materiale. Det skal ha vært detonert én boostet fisjonsladning (30 – 35 kt) og fire taktiske lavytelsesladninger. Man kan dermed anta at samlet sprengkraft blir om lag 30 – 40 kt. Informasjonen stammer fra et intervju (60) (61) med dr A Q Khan, som var leder av anrikningsanlegget i Kahuta og ”den pakistanske bombens far”. Dr Khan hevdet at også statsministeren skal ha presentert denne informasjonen overfor pressen, men dette har vi ikke fått bekreftet.

Dato	Navn	Meldt sprengkraft	Ladningstype	
28.5.1998	Chagai-1	30 – 35 kt	Boostet fisjonsladning	
28.5.1998		Liten	Lavytelsesladning	
28.5.1998		Liten	30 – 40 kt	Lavytelsesladning
28.5.1998		Liten		Lavytelsesladning
28.5.1998		Liten		Lavytelsesladning

Tabell 5.3 Meldte detaljer om enkeltladningene under Chagai-1 ifølge dr A Q Khan (60) (61). Ikke bekreftet av andre kilder.

Den 30. mai samme år ble prøvesprengningen Chagai-2 detonert, og som ifølge offisiell informasjon skal ha bestått av én kjernefysisk ladning. Akkurat som for India, gikk det altså to dager før den andre omgangen. Chagai-2 ble utført undergrunns og detonert i en vertikal sjakt i ørkenen nær Chagai-fjellene (23) (40) (62). Hendelsen er bestemt til klokken 06.54.06 GMT og til posisjonen 28,495 °N og 63,781 °Ø (63) (28), noe som er 120 km fra posisjonen for Chagai-1.

Også for Chagai-2 var det forvirring om antallet detonerte ladninger. Ifølge annenhånds informasjon (23) (62) (64) skal to ladninger først ha blitt erklært (ved utenriksminister G A Khan), men kort tid etter skal antallet ha blitt nedjustert til én ladning (ved utenrikssekretær S Ahmed). Årsaken til forvirringen skal ifølge dr A Q Khan ha vært at den opprinnelige planen var å detonere to ladninger, men at dette ble forandret like før og uten at utenriksministeren ble informert (64).

Vi har heller ikke for Chagai-2 klart å finne en offisiell erklæring om sprengkraft, bare

annenhånds referater. Størrelsene på sprengkraften varierer mellom 12 kt og 18 kt.³¹

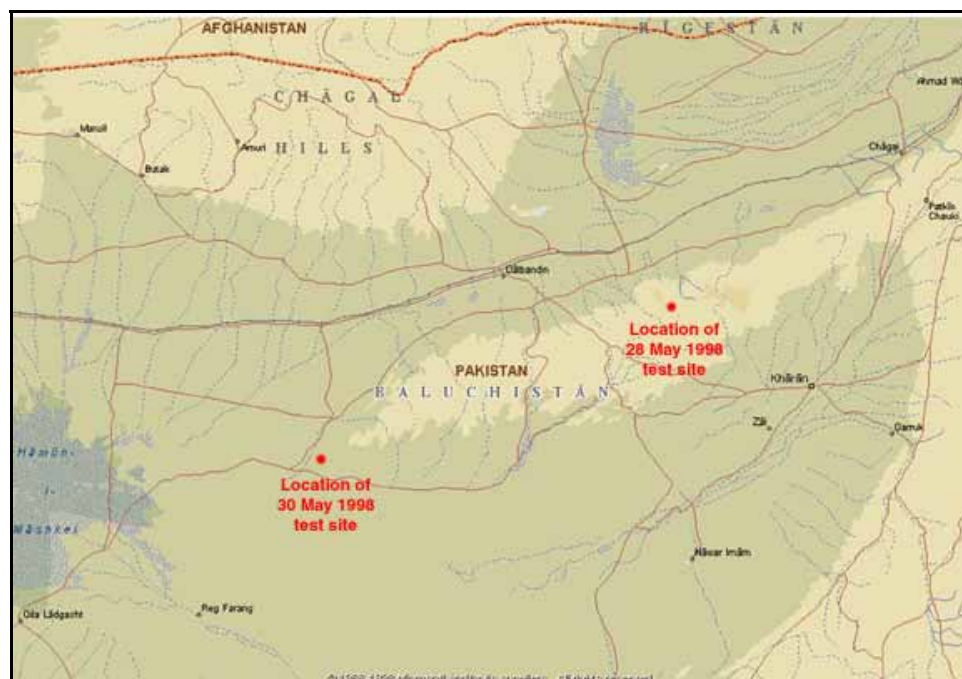
Ifølge offisiell, pakistansk informasjon skal alle de seks detonerte ladningene ha designere som passer sammen med aktuelle leveringsmidler (52) (55) (56).

Et utvalg av de umiddelbare offisielle uttalelsene er samlet i appendiks D.3.

5.2 Prøvesprengningsområdet

Begge prøvesprengningene ble utført ved Chagai-fjellene i Pakistans sørvestlige provins Baluchistan. Området er nær (om lag 50 km fra) grensene til Afghanistan og Iran. I Figur 3-1 er prøvesprengningsområdet avmerket på Pakistan-kartet med et rødt flagg.

Mer spesifikt har det blitt offentliggjort at Chagai-1 ble utført i området Ras Koh, mens Chagai-2 ble utført i Kharan-ørkenen (65). Figur 5-4 viser den geografiske separasjonen mellom de to stedene (120 km), og hvordan disse forholder seg på lokalkartet.



Figur 5-4 Detaljene for prøvesprengningsområdet ved Chagai-fjellene i provinsen Baluchistan. Separasjonen mellom Chagai-1 (28. mai, området Ras Koh) og Chagai-2 (30. mai, Kharan-ørkenen) er 120 km. Hentet fra Institute for Science and International Security (66).

Figur 5-5 viser fjellet i Ras Koh-området der tunnelen til Chagai-1 ble utgravd. Ifølge uoffisielle kilder (23) (53) (66) skal fjellet være Koh Kambaran.

³¹ Interfax i Moskva meldte 1. juni 1998 at Pakistan oppgav sprengkraften til 18 kt. Sunday Telegraph meldte 31. mai 1998 at sprengkraften var i området 12 – 18 kt. (64) Arms Control Association (58) oppgav i 1998 at Pakistan erklærte sprengkraften som 15 – 18 kt.



Figur 5-5 Fjellet der Chagai-1 ble detonert. Her ser man hvordan tunnelen er arrangert. Bildet skal være hentet fra pakistansk TV, mens kommentarene er påskrevet av Institute for Science and International Security og F Pabian. Hentet fra Institute for Science and International Security (67).

5.3 Seismiske målinger

Ingen regionale seismiske målinger for noen av de to prøvesprengningene er tilgjengelige, da målestasjonen i Nilore ble avskrudd i tidsrommet rundt dem.

NORSAR og andre internasjonale målestasjoner registrerte imidlertid begge hendelsene godt. For Chagai-1 (28. mai) målte NORSAR Richter-tallet $m_b = 4,8$ (38). IDC-nettverket gav en gjennomsnittsverdi på $m_b = 4,9$ (22) (28). Målestasjonene registrerte bare én seismisk hendelse den 28. mai, noe som forutsetter simultanitet dersom flere eksplosjoner ble utført. For Chagai-2 (30. mai) målte NORSAR Richter-tallet $m_b = 4,6$ (38), mens det internasjonale nettverket gjennomsnittlig målte $m_b = 4,3$ (22) (28).

De internasjonale seismologene bekreftet med enkelthet at hendelsen den 28. mai var av eksplosjonstype, og ikke et jordskjelv. Når det gjelder hendelsen den 30. mai, skapte et jordskjelv i Afghanistan en halv time før interferens med de seismiske bølgene fra prøvesprengningen. Det var derfor noe vanskeligere å fastslå at hendelsen 30. mai faktisk var av eksplosjonstype, men internasjonale seismologer klarte det likevel.

Det synes enighet i litteraturen om at seismogrammene fra begge de pakistanske prøvesprengningene er langt mer kompliserte enn de fra de indiske. De seismiske signalene fra Chagai-1 er aller mest komplisert.

Internasjonale seismologer har antydnet flere mulige forklaringer på at signalene er såpass kompliserte: Multiplisitet, separasjon i rom og tid (for multiple eksplosjoner), kunstig utløste jordskjelv etter prøvesprengningen, eller spredning av de seismiske bølgene fra geologiske

strukturer nær episenteret (28) (40).

Selv om Pakistan har vært sparsom med detaljer om enkeltexplosjonene, er det antydning at minst én eksplosjon under Chagai-1 skal ha vært større enn de andre (se Tabell 5.2 og Tabell 5.3). Igjen vil den kraftigste eksplosjonen dominere det seismiske signalet fra en multippel prøvesprengning. Også i de pakistanske tilfellene kan multiplisitet verken påvises eller utelukkes (28) (38).³²

5.4 Sprengkraft

Radiokjemiske undersøkelser for de pakistanske prøvesprengningene er ikke offentliggjort.

Beregninger av forholdet mellom sprengkraft for Chagai-1 og Chagai-2 gir et forhold på om lag 1,8 dersom man benytter Richter-tallene som NORSAR målte. I så fall vil man kunne anta at Chagai-1 er om lag 2 ganger kraftigere enn Chagai-2. Men med de gjennomsnittlige Richter-tallene fra IDC får man at Chagai-1 er om lag 6,3 ganger kraftigere enn Chagai-2, noe som er til dels forskjellig og illustrerer at det kan være usikkerhet i slike målinger.

La oss se på hva NORSAR-anslaget for India og Pakistan (ligningene (2.4) og (2.5)) gir for sprengkraft. Med NORSARs Richter-tall får vi 5 – 10 kt for Chagai-1 og 3 – 5 kt for Chagai-2, noe som er i samsvar med stiftelsens årsmelding 1998 (38). Med IDC sine gjennomsnittlige Richter-tall og NORSAR-anslaget får vi 7 – 16 kt for Chagai-1 og 1,2 – 2,5 kt for Chagai-2. De to ulike settene av Richter-tall for de to prøvesprengningene gir altså ikke veldig forskjellige sprengkraftestimater.

Resultatene fra NORSAR-anslaget samsvarer ganske godt med estimater på sprengkraft i internasjonal litteratur. Vi gir noen eksempler. Försvarets Forskningsanstalt (40) foreslår 6 – 15 kt for Chagai-1 og 1 – 5 kt for Chagai-2. Barker et al i Science (28) presenterer henholdsvis anslagene 6 – 13 kt og 2 – 8 kt. NRDC Nuclear Notebook 1998 (22) benytter tilsynelatende resultatene fra Science (28) nå også. Lawrence Livermore National Laboratory (68) oppgir henholdsvis anslagene 5 – 20 kt og 3 – 11 kt.³³

Indiske BARC hevder at de pakistanske prøvesprengningene hadde sprengkraft på henholdsvis 5 – 10 kt (Chagai-1) og 2 – 4 kt (Chagai-2) (34). Det er interessant at Indias beregninger på Pakistans prøvesprengninger er svært like NORSARs. Dette slår tilbake på India, og NORSARs estimater også for Indias prøvesprengninger støttes. Enda mer tvil sås om de indiske anslagene på egen sprengkraft.

Vi kan sammenfatte estimatene fra NORSAR-anslaget med både NORSARs og IDCs Richter-tallet som 5 – 15 kt (Chagai-1) og 1 – 5 kt (Chagai-2). Denne sprengkraften er trolig mer

³² Noen analyser har hevdet å kunne påvise multiplisitet. Se referat hos Försvarets Forskningsanstalt (40).

³³ Lawrence Livermore National Laboratory (68) mener at geologien ved Pakistans prøvesprengningsområde er veldig forskjellig fra geologien i India. Laboratoriet gjør derfor for Pakistan en betydelig justering av det semipalatiniske anslaget (ligning (2.2)) og benytter nesten det konservative anslaget ($k = 4,0$ i ligning (2.3)).

korrekt enn meldt informasjon. Det betyr at også i det pakistanske tilfellet finner vi en del bløff i størrelsene på de angitte verdiene.

5.5 Teknisk nivå i 1998

I dette delkapittelet diskuterer vi Pakistans kjernevåpentekniske nivå i 1998.

Med prøvesprengningene sine feide Pakistan i 1998 bort enhver eventuell tvil om at staten var i stand til å lage kjernefysiske ladninger. Selv om det er antatt at staten fabrikerte de første ladningene ca 1989-1990, var det først med prøvesprengningene at Pakistan ”kom ut av skapet” og innrømmet kapasiteten. (2)

I det pakistanske tilfellet kom det ikke påstander om at termonukleære ladninger skulle være detonert. Pakistan har et yngre, mindre omfattende og mindre selvstendig kjernefysisk program enn India, og programmet synes mer rettet mot praktisk våpenutnyttelse enn sofistikert forskning (2). Pakistanske tjenestemenn har benektet å skulle lage termonukleære ladninger (44). Derfor kan vi anta at staten hadde holdt seg til den relativt enkleste teknologien, fisjonsvåpen, selv om vi ikke kan utelukke at termonukleær forskning hadde pågått. Dr A Q Khan hevdet i 1998 at selv om ingen av eksplosjonene var av fusjonstype, er dette noe Pakistan hadde forsket på og var i stand til å prøvesprengne (60) (61). Påstanden om termonukleær kompetanse synes ikke bekreftet av andre kilder.

Dr Khan har også hevdet at de avfyrte ladningene skal ha vært boostede (60) (61), noe som heller ikke synes bekreftet fra annet hold. Men vi vet at Pakistan i lang tid har hatt muligheten til å bestråle litium-6 til tritium i en forskningsreaktor som er designet for isotopproduksjon, og at Pakistan i 1987 importerte teknologi for separasjon og rens av tritium (2). Blant annet denne importen bekrefter eksplisitt en interesse for tritium. Eksperimentering med tritium under prøvesprengningene i 1998, i hvert fall som boosting, kan ikke utelukkes.

Når vi så har begrenset oss til en antagelse om kun fisjonsladninger, er neste spørsmål om ladningene bestod av høyanriket uran eller av plutonium. Med plutonium antar man at kjernevåpen kan gjøres mindre og lettere, slik at levering blir enklere (40) (særlig for missiler). Spørsmålet er derfor viktig. Pakistan har produsert høyanriket uran lenge (siden ca 1985), men man tror ikke at staten kan ha rukket å produsere plutonium som kan ha vært brukt under prøvesprengningene i mai 1998. Først i april dét året skal Pakistans første reaktor som har vært velegnet for å produsere våpenplutonium (Khushab), ha nådd kritikalitet. (2) Siden gjenvinning av plutonium og fabrikasjon av ladninger tar tid, og siden plutonium vil kreve en annen våpendesign enn uran, er det usannsynlig at man på så kort tid skal ha klart å produsere egne plutoniumsladninger. Derfor antar vi at i hvert fall hoveddelen av det fissile materialet som ble anvendt i 1998, var høyanriket uran. Dr A Q Khan har også hevdet at ladningene kun bestod av høyanriket uran (60) (61).

Imidlertid har det vært (og er det fremdeles per 2004) spekulasjoner om Pakistan kan ha detonert minst én plutoniumladning.

Luftprøver fra Baluchistan som ble tatt av USA kort tid etter Chagai-2, skal ha vist spor av plutonium, ifølge meldinger i media i januar 1999 (69) (70). I februar 2000 ble det kjent gjennom media at tjenestemenn fra Central Intelligence Agency skal ha funnet at plutoniumet stammet fra de indiske prøvesprengningene i Pokhran (om lag 800 km unna), og at det hadde blitt ført til pakistanske områder gjennom luften. Den nye konklusjonen var basert på sammenlignende isotopanalyser og meteorologiske data. (71) (72) Dersom plutonium har lekket fra India og til Pakistan, kan India ha vært i konflikt med sine forpliktelser overfor Den delvise prøvestansavtalen.

Likevel pågår det tilsynelatende stadig (per 2004) spekulasjoner om Pakistan mottok plutonium eller en plutoniumsladning fra en annen stat, og prøvesprengte denne i 1998. Se for eksempel The New York Times (70). Det er uklart om debattantene tar hensyn til avvisningen av luftprøveindikasjonen.

Hvis Pakistan virkelig har mottatt plutonium eller en plutoniumsladning fra en annen stat, vil nok de fleste analytikere anta at dette har sin opprinnelse i Nord-Korea. Man kunne tenke seg at dette har vært i bytte mot anrikningsteknologi. (Dr Khan skal i februar 2004 ha innrømmet overføring av sentrifugeteknologi til Nord-Korea, og Pakistan hevdes å ha mottatt missilteknologi i retur (2).) Teorien blir noe tvilsom, fordi Nord-Korea var antatt å være i besittelse av bare mindre mengder plutonium, slik at staten nok ønsket å beholde dette selv. Det er heller ikke sikkert at mengden plutonium i Nord-Korea da var nok til én ladning engang.³⁴ Dessuten var Nord-Korea gjennom Ikke-spredningsavtalen (NPT, 1968)³⁵ forpliktet til verken å utvikle kjernefysiske ladninger eller å overføre slike til andre stater. Det er svært folkerettslig alvorlig om en part overfører ferdige kjernevåpen til en ikke-part. Dersom overføring til tross for dette har funnet sted, kan årsaken ha vært at Nord-Korea i hemmelighet ønsket å få bekreftet at egne ladninger fungerer. Teorien er spekulativ, og Nord-Korea har hele tiden (per 2004) benektet anrikningskompetanse.

Erklæringen om at Chagai-1 bestod av hele fem vellykkede kjernefysiske eksplosjoner var forbausende.³⁶ En sprengkraft i størrelsesorden 5 – 15 kt kan tilsvare sprengkraften etter én standard fisjonsladning. Dersom fem ladninger ble detonert, må i hvert fall de fleste ha vært ganske små. Man antar ofte at lavytelsesladninger er vanskeligere å designe enn ladninger med mer standard sprengkraft, og Pakistan var teknisk relativt uerfaren.

Dessuten er det nok mer krevende å detonere mange ladninger simultant, og fem er et høyt antall i så måte. Prøvesprengerstaten blir spesielt utsatt for problemer. Man kan risikere at de

³⁴ Mer om Nord-Koreas kjernefysiske program i FFI-rapporten (73).

³⁵ Ikke-spredningsavtalen har det fulle navnet *Traktat om ikke-spredning av kjernefysiske våpen* av 1. juli 1968 og forkortes ofte til NPT etter *Non-Proliferation Treaty*. Mer om avtalen i kapittel 6, og i FFI-rapporten (6) om kjernevåpenrelaterte folkerettslige avtaler.

³⁶ Ifølge The Washington Post (74) skal "etterretningsekspertene med kjennskap til Pakistans kjernevåpen" ha hevdet at sprengkraften fra Chagai-1 maksimalt kunne tilsvare detonasjon av ett pakistansk kjernevåpen. Det ble videre hevdet at sprengkraften til ett av dem faktisk burde vært høyere enn hva som ble demonstrert under Chagai-1, slik at Chagai-1 kunne være en fizzle.

tekniske utbytterne blir vanskeligere å skjelve fra hverandre, eller at ladninger som eventuelt mislykkes i å detonere, blir ødelagt.

Pakistan hadde kanskje heller ikke behov for å prøvesprengre hele fem ladninger med lav sprengkraft. Psykologisk kan man anta at den delen av den pakistanske befolkningen som er for kjernevåpen, blir mest tilfredsstilt av en høy samlet sprengkraft og et høyt antall eksplosjoner. Men samtidig er staten begrenset av at man ikke ønsker store utslipp av radioaktivitet, og av at man ikke ønsker å forbruke en stor andel av det fissile materialet eller de ferdigfabrikkerte ladningene. Derfor skulle man tro at førstevalget ville være å prøvesprengre kanskje én standard ladning for å kombinere en middels sprengkraft med et relativt lite forbruk av fissilt materiale, og i tillegg å ta hensyn til forskningsbehov, som kanskje inkluderer for eksempel å prøvesprengre et lite antall lavytelsesladninger.

Årsaken til at man kunne tenke seg at Pakistan ønsket å holde materialforbruket nede, var at man ikke antok at staten hadde veldig store lagre av fissilt materiale. Lagrene bestod bare av høyanriket uran, og trolig ikke plutonium. Den faktiske mengden høyanriket uran avhenger om den eventuelle produksjonen av lavanriket uran under høyanrikningsmuratoriet (på 1990-tallet), hadde blitt videreanriket til våpenmateriale. (2) Men uansett ville seks avfyrte ladninger i 1998 ha gjort et stort innhugg i forrådet av høyanriket uran.³⁷ Pakistan ønsket nok å spare på en stor andel av det fissile materialet og de ferdigfabrikkerte ladningene i tilfelle resultatene fra prøvesprengningene skulle tilsi behov for designforandringer, eller om Pakistan senere skulle komme i krig.

En sannsynlig teori er at Pakistan kan ha overdrevet antallet eksplosjoner for å matche India. Antallet indiske kjernefysiske eksplosjoner blir totalt seks (1974 og 1998). Dette er nøyaktig det samme som Pakistan kunngjorde i 1998.

Av disse grunnene tror vi antallet ladninger var lavere enn fem under Chagai-1. Mer sannsynlig ble kanskje én eller to ladninger detonert denne dagen. Hvis vi sammenligner NORSARs sprengkraftestimater for de to pakistanske prøvesprengningene, ser vi at instituttet anslår Chagai-1 til å ha hatt om lag dobbelt så høy sprengkraft som Chagai-2. Det stemmer bra med at det aller først ble erklært to eksplosjoner under Chagai-1 og én under Chagai-2. (Men vi husker fra delkapittel 5.4 at sprengkraftestimater som derimot baserer seg på IDC-gjennomsnittet, gir om lag forholdet 6 mellom de to.) En annen mulighet er at Pakistan bare detonerte én ladning både under Chagai-1 og Chagai-2, men at to forskjellige design ble utprøvd. En siste mulig teori som vi lanserer, er at to ladninger kan ha blitt forsøkt detonert under Chagai-2, men at den ene fizzlet. Det kan forklare en opprinnelig kunngjøring av to ladninger, og en senere nedjustering til én.

Vi har sett at det ikke er samsvar mellom meldte meldinger på sprengkraft fra pakistansk hold og de uavhengige estimatene, verken for Chagai-1 eller Chagai-2. Dette kan ha flere

³⁷ Man tenker seg at forrådet av høyanriket uran før prøvesprengningene var nok til 8 – 13 ladninger eller 25 – 30 ladninger, avhengig av når Pakistan avsluttet det såkalte moratoriet i anrikning til høyanriket uran (2).

forklaringer. Kanskje var meldt sprengkraft den sprengkraften man på forhånd forventet, men at én eller flere ladninger fizzlet. Eller kanskje har man ønsket å forvirre, eller å overdrive av politiske årsaker.

Selv om fizzling kan ha forekommet, tror vi at det er mer sannsynlig at (i hvert fall flertallet av) de pakistanske prøvesprengningene var vellykkede enn at de endte opp som fizzler. For selv om Pakistan var en relativt uerfaren stat uten tidligere prøvesprengninger, skal Pakistan ha hatt et våpenrettet kjernefysisk program siden tidlig på 1980-tallet. Ubekreftede amerikanske opplysninger fra 1983 hevder at Pakistan skal ha fått en allerede prøvesprengt kjernevåpendesign fra Kina. Det øker sannsynligheten for at Pakistan hadde suksess med sine egne prøvesprengninger. Ganske sikkert hadde staten også gjort mange våpenrelaterte eksperimenter (inkludert "kaldtesting" – som vil si at hele implosjonssystemet blir prøvd uten fissilt materiale) og tilegnet seg innledende eksperimentell erfaring før den utførte fullskala prøvesprengninger i 1998. Pakistanske kilder hevder å ha fått kjernefysisk eksplosivkompetanse i 1987. (2)

Når det gjelder den angivelige overføringen av en kjernevåpendesign, skal dette dreie seg om den fjerde kinesiske prøvesprengningen. I ulike kilder oppgis den enten til å ha hatt en sprengkraft på 12 kt eller 20 – 25 kt (2). Vi kan ikke si at de uavhengige sprengkraftestimatene motstrider at en slik ladning kan ha blitt prøvesprengt under Chagai-1. Enkelte analytikere hevder også, uten begrunnelse eller utdypning, at denne designen ikke skal ha vært brukt av Pakistan, i hvert fall ikke i dag (75) (76). (I så fall har nok staten likevel tatt stor lærdom av den.)

Bruken av høyanriket uran gjør både kanonløps- og implosjonsdesignen mulig. Det har vært hevdet fra amerikansk hold at den kinesiske designen skal være av implosjonstype (2).

6 FOLKERETT OG OVERGANG TIL "KJERNEVÅPENSTATER"

De indiske og pakistanske prøvesprengningene i mai 1998 sendte ikke bare seismiske sjokkbølger verden over, men også politiske. Forut for disse kunne man se en spirende global trend for ikke-spredning av kjernevåpenteknologi og avståelse fra prøvesprengning. Ingen stater hadde prøvesprengt siden Kina sommeren 1996. Prøvestansavtalen hadde nylig blitt ferdigforhandlet (september 1996). Det var derfor overraskende at nye prøvesprengninger kom, selv om verken India eller Pakistan hadde undertegnet denne avtalen, og selv om den ikke hadde trådt i kraft. Spesielt vakte Indias prøvesprengninger stor internasjonal harme, siden staten ikke var ansett å ha noen reell kjernefysisk trussel rettet mot seg.

Verken India eller Pakistan har undertegnet Ikke-spredningsavtalen. Denne avtalen deler verden i to. Fem stater (USA, Sovjetunionen/Russland, Storbritannia, Frankrike og Kina) er såkalte *anerkjente kjernevåpenstater* fordi de hadde prøvesprengt før 1. januar 1967, som ble satt som grense. Resten av verden defineres som *ikke-kjernevåpenstater*, og parter blant disse skal ikke tilegne seg kjernevåpenteknologi.

India og Pakistan er altså definert blant ikke-kjernevåpenstatene. Derfor er de ikke anerkjent som kjernevåpenstater. Men siden verken India eller Pakistan er parter i Ikke-spredningsavtalen, har de ikke gjort noe folkerettslig galt i å utvikle egne kjernefysiske ladninger. De to statene er for øvrig blant de svært få i verden som ikke har tilsluttet seg Ikke-spredningsavtalen.³⁸

Før 1998 antok man at India og Pakistan i det minste kunne sette sammen kjernevåpen på relativt kort varsel, selv om statene ikke innrømmet det. Sammen med Israel ble de ofte kalt ”terskelstater”. Etter sine prøvesprengninger i 1998 erklærte India og Pakistan seg som ”kjernevåpenstater”. Siden de ikke er definert som kjernevåpenstater i Ikke-spredningsavtalen, kan de kalles ”offisielle, men ikke anerkjente, kjernevåpenstater”. Selv om prøvesprengningene ikke forandret folks oppfattelse av kjernevåpenkompetansen i de to tidligere terskelstatene, er prøvesprengningene derfor likevel hendelser av vesentlig politisk betydning.

I 1998 hadde det gått 30 år siden Ikke-spredningsavtalen ble ferdigforhandlet og verden ble delt i to. Ingen flere stater enn de fem anerkjente hadde offisielt innrømmet å ha kjernevåpen.³⁹ Derfor kan man si at de indiske og pakistanske prøvesprengningene ledet til at *det etablerte kjernevåpens skillet* ble brutt for første gang. De første tilskuddene av offisielle ”kjernevåpenstater” har stor symbolverdi og er et tilbakeslag for ikke-spredningsregimet. Per 2004 har ingen flere stater innrømmet å være i besittelse av kjernevåpen.

Hvert femte år arrangeres en tilsynskonferanse for Ikke-spredningsavtalen. Ved første tilsynskonferanse etter prøvesprengningene (*2000 NPT Review Conference*) ble det beklaget at India og Pakistan hadde prøvesprengt. India og Pakistan ble ikke innrømmet anerkjennelse som kjernevåpenstater eller noen som helst annen statusforandring. (6)

Til slutt kommenterer vi hvordan prøvesprengningene forholder seg til Den delvise prøvestansavtalen. Både India og Pakistan er part i denne avtalen, henholdsvis fra 1963 og 1988. Den delvise prøvestansavtalen begrenser prøvesprengninger til underjordiske, og radioaktive utslipp skal holdes innenfor egne statsgrenser. Siden prøvesprengningene i 1974 og 1998 var underjordiske, var disse i samsvar med LTBT (forutsatt ingen eksterne utslipp av radioaktivitet).

7 OPPSUMMERING OG KOMMENTARER

Ved beregning av sprengkraft på prøvesprengninger i India og Pakistan har vi etter anbefaling fra NORSAR benyttet anslaget som ble introdusert i ligningene (2.4) og (2.5):

³⁸ Ikke-partene er India, Israel, Pakistan og to små stater uten kjernefysisk kompetanse: Cook Islands og Niue (6). Nord-Korea kunngjorde i januar 2003 at staten ønsket å fratre, men statens faktiske formelle status er per 2004 uklar.

³⁹ Vi ser her bort fra Sør-Afrika, som innrømmet sitt kjernevåpenprogram i 1993 – etter at det var avviklet. Sør-Afrika tiltrådte Ikke-spredningsavtalen i 1991 som ikke-kjernevåpenstat. (77)

$$m_b = k_{IP} + 0,75 \cdot \lg Y,$$

der

$$4,0 < k_{IP} < 4,25.$$

Her er m_b Richter-tallet som seismiske stasjoner har målt, k_{IP} er NORSARs forslag til verdi for berggrunnskonstanten i India og Pakistan, mens Y er sprengkraften som vi beregner. Dette uttrykket for India og Pakistan har vi kalt "NORSAR-anslaget".

I India og Pakistan er ikke berggrunnskonstanten kalibrert. Fordi verdien av konstanten k_{IP} i NORSAR-anslaget er lavere enn hva enkelte andre uavhengige analytikere anvender, vil dette anslaget gi høyere sprengkraft enn i noen andre estimater. (Delkapittel 2.4)

NORSAR-anslaget gir verdier av sprengkraft for prøvesprengningene i 1998 som ikke stemmer overens med de angitte verdiene til India og Pakistan selv. Men merk at India har antydnet nærmest det samme sprengkraftanslaget på de pakistanske prøvesprengningene som NORSAR-anslaget gir (delkapittel 5.4). Dette støtter anslaget og den generelle, uavhengige antagelsen om at indisk sprengkraft var overdrevet.

India og Pakistan har offisielt utført totalt seks kjernefysiske eksplosjoner hver. Antallet prøvesprengninger kan per definisjon være mindre enn antallet eksplosjoner (delkapittel 2.3). India har utført totalt fire prøvesprengninger, mens Pakistan har utført to. De tekniske dataene er oppsummert i Tabell 7.1. Tabellen viser både statenes egne angitte data, målte Richter-tall (ved NORSAR) og estimater på sprengkraft (ved hjelp av NORSAR-anslaget).

NORSAR-anslaget tyder på at sprengkraften for den indiske prøvesprengningen i 1974 var ganske korrekt. Vi tror derfor at India lyktes med denne prøvesprengningen av fisjonstype og med plutonium som fissilt materiale. Denne konklusjonen avviker fra hva som tilsynelatende ofte er konklusjonen i uavhengig litteratur. Der blir sprengkraften ofte antatt å ha vært lavere enn forventet, slik at detonasjonen kan ha vært en fizzle (fiasko). Vi har ikke funnet noen teknisk begrunnelse for lav sprengkraft i 1974. (Delkapitlene 3.4 og 3.5)

De seismiske målingene etter de indiske eksplosjonene i 1998 viser at sprengkraften ikke kan ha vært så høy som India hevdet. For den første dagen (11. mai) gir NORSAR-anslaget en relativt lav sprengkraft (10 – 30 kt). Den andre dagen (13. mai) detekterte ingen uavhengige målestasjoner noe seismisk signal. Dersom prøvesprengningen virkelig fant sted, må sprengkraften ha vært svært lav. (Delkapitlene 4.3, 4.4 og 4.5)

Serien av indiske prøvesprengninger i 1998 inkluderte trolig en vellykket fisjonsladning og boosting, siden India hadde lang erfaring med fisjonsladninger og lenge hadde forsket på fusjon. Indiske forskere annonserte til og med en vellykket detonasjon av en termonukleær ladning. Denne typen ladning må benyttes for å få den høyest mulige sprengkraften (megatonnområdet), men er i og for seg unødvendig for å oppnå den relativt lave sprengkraften som ble

Dato	Stat	Total angitt sprengkraft	Offisielle data	Antall prøvespr.	Richter-tall (m_b) (NORSAR)	Estimert sprengkraft
18.5.1974	India	12 kt	1 eksplosjon (PNE) (12 kt)	1	4,9	10 – 15 kt
11.5.1998	India	55 – 60 kt	3 eksplosjoner (43 – 45 kt; 12 – 15 kt; 0,2 kt)	2	5,1	10 – 30 kt
13.5.1998	India	0,8 kt	2 eksplosjoner (0,5 kt; 0,3 kt)	1	Ingen deteksjon (Estimat: < 2,5)	Estimat: < 0,2 kt
28.5.1998	Pakistan	40 – 45 kt	5 eksplosjoner (fordeling uklar)	1	4,8	5 – 15 kt
30.5.1998	Pakistan	12 – 18 kt	1 eksplosjon (12 – 18 kt)	1	4,6	1 – 5 kt

Tabell 7.1 Data for begge staters eksplosjoner. Antall prøvesprengninger (se definisjon i delkapittel 2.3) er ofte mindre enn antallet eksplosjoner. For Pakistan stammer verdiene for sprengkraft fra meldinger i media, etter sigende med opphav i offisielle kilder. For India er angitt sprengkraft offisiell informasjon. Forskjellige målestasjoner måler ofte noe ulike verdier av Richter-tallene. Richter-tallene for 1998 er hentet fra NORSAR (38). De fleste estimatene på sprengkraft er bestemt ved hjelp av NORSAR-anslaget for India og Pakistan for sammenhengen mellom Richter-tall og sprengkraft (se hovedteksten), men i to tilfeller (1974 og 13.5.1998) er de hentet fra NORSAR selv (7) (38).

annonsert/målt. Mange uavhengige kilder har derfor hevdet at India enten har kommet med misledende informasjon i sine kunngjøringer, eller at det andre trinnet i den termonukleære ladningen ved en feil ikke ble utløst. (Avsnitt 4.6.2)

Det er mulig å lage totrinns termonukleære ladninger som likevel har lav sprengkraft, men dette antas å være ekstra komplisert. Nøytronbomben er et eksempel på en slik design, og denne antas å ha en sprengkraft på ca 1 kt. I våre spekulasjoner antar vi at India heller foretok en vellykket detonasjon av et *totrinns termonukleært eksperiment*. Et slikt eksperiment vedlikeholder ikke de termonukleære reaksjonene, bare bekrefter dem. Deler av designen ble i så fall testet. Dersom et slikt eksperiment faktisk ble gjennomført, har India store kunnskaper ikke bare om fisjonsladninger, men også om termonukleære ladninger. (Avsnitt 4.6.2)

Under begge prøvesprengningsdagene i 1998 hevdet India å ha detonert subkilotonnladninger (små fisjonsladninger med sprengkraft under 1 kt). Slike ladninger kan være egnet som taktiske kjernevåpen. De seismiske målingene av prøvesprengningene gir ikke svar på om India faktisk

har små fisjonsladninger. Den første dagen ble en eventuell detonasjon maskert av de større ladningene, mens de påståtte eksplosjonene den andre dagen ikke ble registrert av jordskjelvmålere noe sted. (Avsnitt 4.6.3)

Med en relativt beskjeden sprengkraft beviste Pakistan i 1998 at staten kan lage kjernevåpen av fisjonstype. Man antar at høyanriket uran var fissilt materiale i hvert fall flesteparten av ladningene. (Delkapittel 5.5)

Pakistan annonserte fem eksplosjoner den første prøvesprengningsdagen (28. mai), noe som vi ikke får til å stemme med den relativt lave sprengkraften. Middels kraftige eksplosjoner antas å være enklere å få til enn små. Det er derimot en mulighet for at Pakistan justerte opp antallet eksplosjoner for av politiske årsaker å matche India. Kanskje detonerte Pakistan de to dagene for eksempel henholdsvis to og én vellykket ladning. Eller kanskje detonerte staten én ladning hver av dagene, mens den første ladningen var kraftigere enn den andre, kanskje med boosting. Ubekreftede meldinger går på at Pakistan skal ha fått en design til en implosjonsladning fra kinesisk hold. Slik assistanse fra en erfaren kjernevåpenstat ville i så fall øke sannsynligheten for at de tekniske resultatene fra eksplosjonene faktisk ble som forventet. (Delkapittel 5.5)

Begge stater har nok fått et stort teknisk utbytte av sine prøvesprengninger, også om noen av dem skulle ha vært mindre vellykkede. Man får informasjon/korreksjoner til designene og de teoretiske beregningene, og eventuelle fizzler gir uansett informasjon om hva som skjer i en ladning før den har gått veldig overkritisk og/eller tidlig under en kjedereaksjon. Erfaringene kan tenkes å bli brukt til å forbedre designene.

Siden prøvesprengningene i 1998 har ingen stater utført kjernefysiske eksplosjoner. Under de fredsframmende samtalene mellom India og Pakistan i juni 2004 ble det bekreftet et gjensidig prøvesprengningsforbud (forutsatt ingen ekstraordinær trussel) (78) (79). Men man kunne tenke seg at både India og Pakistan har interesse av å foreta flere prøvesprengninger, om det ikke hadde vært for de politiske belastningene. Verdenssituasjonen i dag (2004) har en viss kjernefysisk spenning. Dersom andre stater gjenopptar prøvesprengning, kan det tenkes at India og Pakistan henger seg på. Det kan også være at nye eksplosjoner i de to statene kan komme i forbindelse med en eventuell ny konvensjonell krise.

Blant andre India og Pakistan holder seg utenfor avtaleverket som skal regulere utbredelse og bruk av kjernefysiske ladninger. Indias begrunnelse for ikke å ratifisere Ikke-spredningsavtalen (NPT, 1968) er at avtalen er ”diskriminerende”, og India ønsker heller en global avskaffelse av kjernevåpen. Pakistan sier at årsaken til avståelse er at staten er en kjernevåpenstat. (6) For ikke-spredningsarbeidet er det et problem når noen stater holder seg utenfor avtalen, fordi dens relevans kan bli svekket.

Prøvestansavtalen (CTBT, 1996) har ikke trådt i kraft ennå fordi det kreves at bestemte sentrale stater skal ratifisere den først. India og Pakistan er blant disse. India vil heller ha et internasjonalt forbud mot kjernevåpen enn et forbud mot prøvesprengninger. Et

prøvesprengningsforbud favoriserer de etablerte kjernevåpenstatene, som har mindre behov for å foreta prøvesprengninger enn andre stater, er Indias begrunnelse. Pakistan har erklært at staten står utenfor Prøvestansavtalen fordi staten ser det som uaktuelt å følge den. (6)

Kjernevåpen er det mest skadelige masseødeleggelsesvåpenet som fins. Alle kjernefysiske detonasjoner vil medføre en opptrapping av spenninger stater imellom. Slike opptrappinger vil representere en trussel mot menneskers liv, og i ytterste konsekvens mot menneskehetens fortsatte eksistens. Og blant disse potensielle alvorlige spenningene fins den stadig tilbakevendende konflikten mellom India og Pakistan, noe som burde gi alle stater insentiv til å avstå fra kjernefysiske detonasjoner.

APPENDIKS

A FORKORTELSER

Her er en oversikt over de viktigste forkortelsene som er benyttet i denne rapporten. Vi gir fulltekst og eventuelt norsk oversettelse.

FORKORT-ELSE	FULLTEKST	FORKLARING/OVERSETTELSE
AEC	Atomic Energy Commission	(Indisk)
BARC	Bhabha Atomic Research Centre	(Indisk)
CTBT	<i>Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty</i>	Traktat om totalforbud mot kjernefysiske prøvesprengninger (CTBT) av 10. september 1996 (ikke trådt i kraft ennå); ”Prøvestansavtalen”, ”CTBT-avtalen”
DAE	Department of Atomic Energy	(Indisk)
DRDO	Defence Research & Development Organisation	(Indisk)
IDC	The International Data Centre	
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.
LTBT	<i>Treaty Banning Nuclear Weapon Tests in the Atmosphere, in Outer Space and under Water;</i> ”Limited Test Ban Treaty”	Traktat om forbud mot prøver med kjernefysiske våpen i atmosfæren, det ytre verdensrom og under vannet av 5. august 1963 (LTBT); ”Den delvise prøvestansavtalen”
NPT	<i>Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons;</i> ”Non-Proliferation Treaty”	Traktat om ikke-spredning av kjernefysiske våpen av 1. juli 1968 (NPT); ”Ikke-spredningsavtalen”
PAEC	Pakistan Atomic Energy Commission	
PNE	Peaceful Nuclear Explosion	fredelig kjerneeksplosjon, fredelig kjernefysisk eksplosjon

B ORDFORKLARINGER FOR KJERNEVÅPENRELATERTE ORD

Dette appendikset presenterer ordforklaringer for uttrykk innen fagområdet kjernevåpen som er benyttet i denne rapporten. Der faguttrykk listes kommaseparert, er uttrykkene ekvivalente.

- **anerkjente kjernevåpenstater**

De *anerkjente kjernevåpenstatene* er USA, Russland/Sovjetunionen, Storbritannia, Frankrike og Kina. Begrepet ble definert ved forhandlingene for Ikke-spredningsavtalen (NPT, 1968). Kriteriet for å bli regnet som en anerkjent kjernevåpenstat, var at staten måtte ha bygd og detonert en kjernefysisk ladning før 1. januar 1967.

- **boosting**

En *boostet ladning* er en fisjonsladning som er tilsatt en liten mengde fusjonsmateriale (deuterium og tritium). Sprengkraften blir høyere. En boostet fisjonsladning må ikke forveksles med en fusjonsladning (termonukleær ladning). Begrepet kommer av engelsk for "forsterket". Man kan også si en "tritiumforsterket ladning" eller en "avansert fisjonsladning".

- **design**

En *design* er en plan (på papiret). Som regel mener vi "kjernevåpendesign", altså tegninger for et kjernevåpen (ladning) og dettes komponenter.

- **eksplosjon**

En *eksplosjon* forekommer når én ladning blir detonert.

- **fisjon**

En *fisjon* forekommer når en tung kjerne deler seg. Energi og typisk to til tre nøytroner frigjøres.

- **fisjonerbart materiale**

Et *fisjonerbart materiale* er materiale som består av kjerner som kan la seg spalte av høyenergetiske nøytroner, men ikke lavenergetiske. Fisjonerbart materiale kan ikke vedlikeholde kjedereaksjon. Isotopen uran-238 er fisjonerbar, men ikke fissil. (80)

- **fisjonsladning, fisjonsvåpen**

En *fisjonsladning* er en kjernefysisk ladning som frigjør energi ved hjelp av fisjonsprosesser. En fisjonsladning er enten av kanonløps- eller implosjonsdesign.

- **fissilt materiale, spaltbart materiale**

Et *fissilt materiale* er materiale som består av kjerner som lar seg spalte av nøytroner med alle energier (også av lavenergetiske nøytroner) (80). Det fisible materialet har evnen til å vedlikeholde kjedereaksjon og kan derfor undergå en kjernefysisk eksplosjon. Enkelte uranisotoper og de fleste plutoniumsisotoper er fisible materialer. Begrepet "spaltbart materiale" brukes også.

- **fizzle**

En *fizzle* er en mislykket kjernefysisk eksplosjon og har en delvis utbrenningsgrad av det fisible materialet, men mindre enn planlagt.

- **fredelig kjernefysisk eksplosjon, fredelig kjerneeksplosjon, PNE**

En *fredelig kjernefysisk eksplosjon* er en detonasjon av en kjernefysisk ladning i fredelig

hensikt. Den fredelige eksplosjonen har enten en direkte anvendelse (for eksempel i forbindelse med oljeutvinning eller gruvedrift), eller den er en prøvesprengning i (fredelig) forskningsøyemed. På engelsk sier man "Peaceful Nuclear Explosion", som er grunnlaget for forkortelsen *PNE*, som man også benytter i norske tekster.

- **fusjon**

En *fusjon* er når to lette kjerner smelter sammen ved samtidig energifrigjøring.

- **fusjonsladning, fusjonsvåpen, termonukleær ladning, hydrogenbombe**

En *fusjonsladning* eller *termonukleær ladning* er en ladning som frigjør energi ved både fisjoner og fusjoner. (Kalles også *hydrogenbombe*.)

- **fysikkløp**

En *fysikkløp* er en anordning (ladning) der det fissionable materialet, det kjemiske høyeksplosivet og tenningsystemene er inkludert.

- **hydrogenbombe**

Se *fusjonsladning*.

- **høyenriket uran, HEU**

Høyenriket uran er uran der minst 20 % av urankjernene er isotopen uran-235. Høyenriket uran lages ved behandling av uran i et anrikningsanlegg. På engelsk heter begrepet "highly enriched uranium" og forkortes *HEU*.

- **implosjon**

En *implosjon* er en innoverrettet eksplosjon. Når fissionable materiale imploderes, komprimeres det til overkritikalitet, og kjedereaksjonen kan starte.

- **isotop**

To *isotoper* av ett og samme grunnstoff inneholder like mange protoner, men ikke like mange nøytroner. Massene og de kjernefysiske egenskapene er forskjellige. De kjemiske egenskapene er like.

- **kanonløp**

I et *kanonløp* føres (skytes) mindre, underkritiske masser av uran sammen til én større og overkritisk masse. Slik oppnås overkritikalitet, og kjedereaksjonen kan starte.

- **kjedereaksjon**

En *kjedereaksjon* forekommer når nøytronene som frigjøres i én fisjon, induserer i gjennomsnitt minst én ny fisjon. I en reaktor er kjedereaksjonen *kontrollert* (konstant fisjonsrate), mens i en kjernesprengning er den *ukontrollert*.

- **kjernefysisk**

Adjektivet *kjernefysisk* er godt norsk for adjektivet "nukleær", eller "nuclear" på engelsk. Disse adjektivene betyr "som gjelder atomkjernen".

- **kjernefysisk eksplosjon, kjerneeksplosjon, kjernefysisk sprengning, kjernesprengning**

Begrepene *kjernefysisk eksplosjon*, *kjerneeksplosjon*, *kjernefysisk sprengning* og *kjernesprengning* er ekvivalente betegnelser. Hver av disse er fellesord for *alle* detonasjoner av kjernefysiske ladninger. Begrepene dekker fire klasser av eksplosjoner:

1. En prøvesprengning av en PNE (fredelig hensikt)
2. En prøvesprengning med våpenhensikt (utvikling av kjernevåpenteknologi)
3. Detonasjon av et våpen (sprengning med krigshensikt)
4. PNE med direkte anvendelse (og selvsagt med fredelig hensikt) (for eksempel i

forbindelse med oljeutvinning eller gruvedrift)

- **kjernefysisk kvalifisert stat**

Begrepet *kjernefysisk kvalifisert stat* kan defineres som en stat som har minst én kjernereaktor (kraftreaktor eller forskningsreaktor). Norge er kjernefysisk kvalifisert. Se ellers *anneks 2-stater*.

- **kjernefysisk ladning, kjerneladning, ladning**

En *kjernefysisk ladning*, eller ekvivalent *kjerneladning*, er en ansamling av fissilt materiale som kan gi en kjernefysisk eksplosjon når/dersom den detoneres. På engelsk sier man ”nuclear device”.

- **kjernefysisk prøvesprengning, kjerneprøvesprengning**

En *kjernefysisk prøvesprengning* er en betegnelse på detonasjon av en kjerneladning med den hensikt å forske på eller utvikle den kjernefysiske teknologien. Begrepet kan benyttes både for forskning/utvikling av fredelige eksplosjoner (PNE) og av kjernevåpen. På engelsk er betegnelsen ”nuclear test”. (Motstykket til en prøvesprengning er en sprengning med direkte anvendelse. Dette kan være en PNE eller et kjernevåpen.)

USA og Sovjetunionen har i avtalen ”Threshold Test Ban Treaty” (TTBT, 1974) definert én prøvesprengning som 1) én eksplosjon eller 2) to eller flere eksplosjoner detonert innenfor en sirkel med diameter 2 km i løpet av maksimalt 0,1 sekund.

- **kjernevåpen, kjernefysisk våpen**

Et *kjernevåpen*, eller ekvivalent *kjernefysisk våpen*, er en anretning med minst én kjernefysisk ladning som kan brukes som våpen (krigshensikt) når/dersom den detoneres. Ved et kjernevåpen er den kjernefysiske ladningen plassert på et leveringsmiddel. Et kjernevåpen frigjør energi ved kjernefysiske reaksjoner (fisjon, fusjon).

- **kjernevåpenstat**

Med en *kjernevåpenstat* eller en *offisiell kjernevåpenstat* mener vi en stat som offisielt har erklært at den innehar kjernevåpen. I dag er USA, Russland, Storbritannia, Frankrike, Kina, India og Pakistan kjernevåpenstater. India og Pakistan er offisielle, men ikke anerkjente, kjernevåpenstater. De andre er anerkjente.

- **kritikalitet**

Dersom et materiale er kritisk, har vi *kritikalitet*.

- **kritisk**

Når et fissilt materiale er *kritisk*, kan det undergå kjedereaksjon.

- **lavanriket uran, LEU**

Lavanriket uran er uran der mindre enn 20 % av urankjernene er isotopen uran-235, men man har mer enn den naturlige andelen uran-235 (0,7 %). Lavanriket uran lages ved behandling av naturlig uran i et anrikningsanlegg. På engelsk heter begrepet ”low enriched uranium”, som forkortes *LEU*.

- **lavytelsesladning, liten ladning**

En *lavytelsesladning*, eller en *liten ladning*, er en ladning med liten sprengkraft og kan være en taktisk ladning. Ofte vil begrepet defineres som en ladning med sprengkraft mindre enn 5 kt. Sprengkraften er lav fordi kjedereaksjonen stopper tidligere enn i andre kjerneladninger. Det engelske begrepet er *low-yield device*. (Én type lavytelsesladning er subkilotonnladningene, som har sprengkraft mindre enn 1 kt. Se *subkilotonnladning*.)

- **leveringsmiddel**
Et leveringsmiddel er et middel som kan levere et kjernefysisk stridshode, som regel missil eller fly.
- **nøytronbombe**
Nøytronbomben er en variant av Teller-Ulam-designen. All frigjort energi minimeres, unntatt nøytronstrålingen, som maksimeres. Sprengkraften er lav (kilotonnområdet).
- **offisiell kjernevåpenstat**
Se *kjernevåpenstat*.
- **PNE**
Se *fredelig kjerneeksplosjon*.
- **reaktorplutonium**
Reaktorplutonium er plutonium som har en relativt høy andel isotoper forskjellig fra plutonium-239 (minst 18 % plutonium-240 (81)). Reaktorplutonium har blitt bestrålt relativt lenge i en reaktor og er mindre gunstig for bruk i kjernevåpen.
- **stridshode**
Den kjernefysiske ladningen er et kjernefysisk *stridshode* hvis den er klar for levering.
- **subkilotonnladning**
En *subkilotonnladning* er en lavytelsesladning med sprengkraft mindre enn 1 kt. Subkilotonnladninger kan brukes som taktiske våpen (på slagmarken).
- **subkritisk eksperiment, subkritisk prøve**
Et *subkritisk eksperiment* (eller en *subkritisk prøve*) er et eksperiment der man studerer fissilt materiale under ekstreme betingelser skapt av konvensjonelle høyeksplosiver, og der en vedvarende kjedereaksjon ikke oppstår. Derfor er eksperimentet tillatt under Prøvestansavtalen (CTBT, 1996). For mer informasjon om subkritiske eksperimenter se FFI-notatet (82).
- **Teller-Ulam**
Teller-Ulam-designen (eller varianter av den) er sannsynligvis basis for alle kjernevåpen med høy sprengkraft i dag. Designen antas å bestå av to separate ladninger: én primærladning (av implosjonsdesign) og én sekundærladning (med fusjonsbrensel). Designen er totrinns. Energien (i form av røntgenstråling) fra den eksploderende primærladningen imploderer fusjonsbrenselet (strålingsimplosjon). En fissil stav i midten av fusjonsbrenselet går kritisk og skaper også svært høye temperaturer. Fusjonsreaksjonene starter.
- **termonukleær ladning**
Se *fusjonsladning*.
- **terskelstat**
En *terskelstat* er en stat som antas å ha kjernefysiske ladninger eller evnen til raskt å sette sammen slike. Begrepet har blitt brukt især om India, Pakistan og Israel, men i dag regnes India og Pakistan som offisielle (men ikke anerkjente) kjernevåpenstater. Det engelske uttrykket er "threshold state".
- **totrinns termonukleært eksperiment**
Et *totrinns termonukleært eksperiment* er en prøvesprengning av en totrinns termonukleær design som kanskje tester bare deler av den termonukleære designen og derfor kanskje ikke

har et vesentlig antall termonukleære reaksjoner i det andre trinnet (men bekrefter at de kan gå). Med uttrykket ”eksperiment” viser vi at vi ikke tenker på en termonukleær prøvesprengning, som er *fullskala*.

- **utarmet uran**

Utarmet uran er uran som har mindre andel uran-235 enn naturlig uran (som har om lag 0,7 % uran-235).

- **våpenplutonium**

Våpenplutonium er plutonium som består typisk av minst 93 % av isotopen plutonium-239 (81). Våpenplutonium er plutonium som er optimalisert for kjernevåpenbruk.

- **våpenuran**

Våpenuran er uran som består typisk av minst 90 % av isotopen uran-235 (81). Våpenuran er optimalt for kjernevåpenbruk.

C SAMMENHENG MELLOM TYPE PRØVESPRENGNING/EKSPERIMENT OG SPRENGKRAFT

Tabell C.1 gir et forslag til sammenhengen mellom type prøvesprengning/eksperiment og sprengkraft (forutsatt vellykket detonasjon, og ikke fizzle). Tabellen er basert på amerikanske National Academy of Sciences (42). Den er bare en grov skisse for å gi en idé om rimelig sprengkraft fra en gitt eksplosjon. Mange flere typer prøvesprengninger/eksperimenter kan også tenkes å være mulige. Grenseovergangene i sprengkraft kan også være annerledes enn hva som er skissert her. Stater som er erfarne med prøvesprengninger/eksperimenter, vil for samme sprengkraft kunne få et annet teknisk utbytte enn en uerfaren stat. Tabellen skiller derfor mellom *teknisk mindre erfarne stater* og *teknisk mer erfarne stater*. Vi har lagt til et spørsmålstegn etter påstanden om at teknisk mindre erfarne stater skal være i stand til å utvikle og prøvesprengne termonukleære våpen med lav sprengkraft.

Tabellen nevner noen typer våpenrelaterte eksperimenter som ikke er omtalt ellers i rapporten. La oss nå forklare dem.

Såkalte *subkritiske* eksperimenter benytter fissilt materiale, men har ingen vedvarende kjedereaksjon. Subkritiske eksperimenter er tillatt under CTBT. (82)

Hydronukleære eksperimenter er kjernevåpenrelaterte, men har lavere sprengkraft enn en prøvesprengning. Det kommer av at man har endret en parameter i stridshodet, men ellers er stridshodet intakt. Endelsen *-nukleær* kommer av at fissilt materiale benyttes. Om de er subkritiske eller ikke, avhenger av om eksperimentet forårsaker en liten kjedereaksjon. (82)

Ett eksempel på et hydronukleært eksperiment er det såkalte *ettpunkts sikkerhetseksperimentet*. Eksperimentet skal bekrefte at stridshodet (av implosjonstype) tåler en gitt støyt uten å gå av. Man detonerer det konvensjonelle eksplosivet rundt det fissile materialet i ett punkt i stedet for samtidig i mange punkter, og da skal det ikke bli noen kjernefysisk utbrenning.

Sprengkraft	Teknisk mindre erfarne stater	Teknisk mer erfarne stater
Subkritiske eller hydrodynamiske eksperimenter (tillatt under CTBT)	<ul style="list-style-type: none"> Studier av materialeegenskaper Prøver av høyeksplosive linser for implosjonsvåpen Utvikling og sertifisering av enkle, store, relativt ineffektive ikke-boostede fisjonsvåpen 	<ul style="list-style-type: none"> Samme som for uerfarne stater, dessuten: Begrenset innsikt som er relevant for designer for <i>boostede</i> fisjonsvåpen
Hydronukleært eksperiment: Y < 0,1 tonn (sannsynligvis ikke detektert under CTBT)	<ul style="list-style-type: none"> ettpunkts sikkerhetsprøve (med vanskelighet) 	<ul style="list-style-type: none"> ettpunkts sikkerhetsprøve bekreftelse av designer for ikke-boostede fisjonsvåpen med sprengkraft i 10-tonnsområdet
Eksperiment med ekstremt lav sprengkraft: 0,1 tonn < Y < 10 tonn (sannsynligvis ikke detektert under CTBT)	<ul style="list-style-type: none"> ettpunkts sikkerhetsprøve 	<ul style="list-style-type: none"> bekreftelse av designer for ikke-boostede fisjonsvåpen med sprengkraft i 100-tonnsområdet muligens ettpunkts sikkerhetsprøver med uventet høy sprengkraft
Prøvesprengning med veldig lav sprengkraft: 10 tonn < Y < 1 – 2 kt (kan i noen tilfeller skjules under CTBT)	<ul style="list-style-type: none"> begrenset forbedring av effektivitet og masse av ikke-boostede fisjonsvåpen prøvesprengning av kompakte våpen med sprengkraft opptil 1 – 2 kt (med vanskelighet) 	<ul style="list-style-type: none"> full prøvesprengning av kompakte våpen med sprengkraft opptil 1 – 2 kt delvis utvikling av primærladning for termonukleære våpen
Prøvesprengning med lav sprengkraft: 1 – 2 kt < Y < 20 kt (sannsynligvis ikke skjult under CTBT)	<ul style="list-style-type: none"> utvikling av boostede fisjonsvåpen med lav sprengkraft endelig utvikling og full prøvesprengning av noen primærladninger, og av termonukleære våpen med lav sprengkraft ? full prøvesprengning av fisjonsvåpen med sprengkraft opptil 20 kt 	<ul style="list-style-type: none"> utvikling av boostede fisjonsvåpen med lav sprengkraft utvikling og full prøvesprengning av noen primærladninger og termonukleære våpen med lav sprengkraft full prøvesprengning av fisjonsvåpen med sprengkraft opptil 20 kt
Prøvesprengning med høy sprengkraft: Y > 20 kt (ikke mulig å skjule under CTBT)	<ul style="list-style-type: none"> endelig utvikling og full prøvesprengning av boostede fisjonsvåpen og termonukleære våpen 	<ul style="list-style-type: none"> utvikling og full prøvesprengning av nye konfigurasjoner av boostede fisjonsvåpen og termonukleære våpen

Tabell C.1 Sammenhengen mellom sprengkraft og type eksplosjon basert på National Academy of Sciences (42). Y står for yield (sprengkraft). Vi har lagt til et spørsmålsteget etter påstanden om at teknisk mindre erfarne stater skal være i stand til å utvikle og prøvesprengne termonukleære våpen med lav sprengkraft.

En annen type eksperiment er de *hydrodynamiske eksperimentene*. De er våpenrelaterte, men fissilt materiale er erstattet av for eksempel naturlig eller utarmet uran. (På grunn av fraværet av fissilt materiale er det ikke relevant å kategorisere eksperimentet som ”subkritisk”.) Eksempler er studier av detonasjonsmekanismer, de høyeksplosive linsene i implosjonsvåpen, implosjonen av erstatningsmaterialet m m. Hydrodynamiske eksperimenter er nyttige for å studere sikkerhet (at våpenet ikke går av av seg selv eller for tidlig) og pålitelighet (at våpenet går av når det skal og gir ønsket sprengkraft) på eksisterende kjernevåpen; eller for å utvikle eller bekrefte ny kjernevåpenteknologi uten full prøvesprengning. Forstavelsen *hydro-* kommer av at det fissile materialet er under så høyt trykk og temperatur at det oppfører seg som væske (noe som selvsagt også skjer under kjernefysiske eksplosjoner). Siden hydrodynamiske eksperimenter ikke fører til noen kjernefysisk kjedereaksjon, er de tillatt under CTBT. (42) (82)

For mer informasjon om subkritiske tester, se FFI-notatet (82).

D UTVALG AV UMIDDELBARE OFFISIELLE UTTALELSER

Det manglet ikke på uttalelser fra verken indisk eller pakistansk side vedrørende de ulike rundene av prøvesprengninger. Utdrag fra noen av de mer offisielle uttalelsene presenteres i det følgende.

D.1 India, 1974

Her refereres utdrag av noen av de uttalelsene etter Indias prøvesprengning i 1974:

Den indiske regjeringen, 18. mai 1974

Den indiske regjeringen annonserer at den i dag har gjennomført en vellykket sprengning av en 10 – 15 kt kjerneladning. Den fredelige eksplosjonen var underjordisk. Indias kjernefysiske program er kun for fredelig bruk. India har ikke til hensikt å utvikle kjernevåpen. (13)

Dr Homi N Sethna, leder ved Atomic Energy Commission, pressekonferanse 18. mai 1974

Bomben er hundre prosent indiskprodusert. Plutoniumet er lagd i India. Implosjonsladningen med plutonium ble avfyrt 100 meter under jorden, og eksplosjonen var innesluttet slik at ikke noe radioaktivitet ble sluppet ut. (13)

Indias statsminister Indira Gandhi, 18. mai 1974

Indias kjernefysiske gjennombrudd er ingen stor sak. (13)

Pakistans statsminister Zulfikar Ali Bhutto, 19. mai 1974

Eksplosjonen er en skjebnesvanger utvikling og trussel, men Pakistan er fast bestemt på ikke å la seg skremme. Det er nå uaktuelt å ferdigstille fredsavtalen som India foreslo i 1971, for ikke å gi seg hen til utpressing. (83)

Indias forsvarsminister Jagjivan Ram, 22. mai 1974

Vi utelukker å utvikle kjernevåpen. Indias nye teknologi skal kun benyttes til fredelige formål. Sprengningen har blitt utsatt for å utvikle teknologi for å foreta prøvesprengninger underjordisk. Tidspunktet for gjennomføring ble bestemt av statsministeren, og dette er for å heve folkets moral. India er eneste stat som har detonert sin første kjernesprengning under jorden. (84)

D.2 India, 1998

Her refereres noen av de viktigste offisielle uttalelsene etter Indias prøvesprengning i 1998. Se også Indias ambassade (85) (86) (87).

Indisk pressemelding 11. mai 1998

India detonerte i dag tre underjordiske, kjernefysiske ladninger i Pokhran. Disse var én fisjonsladning, én lavytelsesladning og én termonukleær ladning. Oppnådd sprengkraft var som forventet. Det var ingen utslipp av radioaktivitet til atmosfæren.

Prøvesprengningene viser at India er i stand til å drive et kjernevåpenprogram. Erfaringene fra prøvesprengninger er verdifulle for design av kjernevåpen med ulik sprengkraft, ulik anvendelse og ulike leveringsmidler. Prøvesprengningene forventes også å gjøre det mulig for indiske forskere å foreta datasimuleringer, om nødvendig supplert med subkritiske eksperimenter.

Regjeringen er dypt bekymret for kjernevåpnene i nabostatene. Prøvesprengningene fungerer derfor som en forsikring for inderne.

Det er viktig å minne om at India av hensyn til miljøet var en av forkjemperne for Den delvise prøvestansavtalen (LTBT). India har deltatt i mange internasjonale fora, også for nedrustning. Regjeringen vil gjenoppta støtten til arbeidet for en internasjonal folkerettslig avtale som *virkelig* forbyr underjordiske prøvesprengninger, også våpenrelaterte eksperimenter som de subkritiske og hydronukleære.

India forplikter seg fortsatt til hurtig nedrustningsarbeid for å oppnå total og global eliminering av kjernevåpen. Vår tilslutning til Kjernevåpenkonvensjonen og Biologivåpenkonvensjonen er bevis for at vi forplikter oss til globale nedrustningsavtaler som er ikke-diskriminerende og mulige å etterprøve. (88)

Indisk pressemelding, 13. mai 1998

To nye underjordiske, kjernefysiske eksplosjoner ble utført 13. mai 1998 i Pokhran. De var en fortsettelse av serien som ble innledet 11. mai. Prøvesprengningen ble foretatt for å få tilleggsdata for forbedrede datasimuleringer av våpendesign, og for å tilegne oss kompetanse for å kunne utføre subkritiske eksperimenter om nødvendig. Det ble ingen radioaktive utslipp i atmosfæren. Det er ingen flere planlagte prøver. (88)

Pakistansk pressemelding vedrørende Indias prøvesprengninger den 13. mai 1998

Møtet i dag i Regjeringens forsvarskomiteé under ledelse av statsministeren kom frem til at Indias regjering med sin siste prøvesprengning ytterligere har økt spenningen i Sør-Asia og truer Pakistans sikkerhet. Møtet gjentar Pakistans beslutning om å gjennomføre alle tiltak som måtte være nødvendige av hensyn til rikets sikkerhet. Møtedeltakerne vurderte statens beredskap og

uttrykte sin tilfredshet med Pakistans evne til å møte nye trusler og utfordringer effektivt og passende. (89)

Indias statsminister Atal Bihari Vajpayee, 14. mai 1998

India er nå en kjernevåpenstat. Våre våpen vil aldri bli brukt som aggresjonsvåpen. Den største betydningen av prøvesprengningene er at de har gitt India *shakti*, de har gitt India styrke, de har gitt India selvsikkerhet. (24)

Indias regjering, pressemelding 15. mai 1998

India har vært nødt til å utføre disse prøvesprengningene på grunn av spredningen av kjernevåpen til land og hav som grenser til oss, slik at vi kan forsvare oss. Husk at India har blitt utsatt for aggresjonen til en kjernevåpenstat, og for trussel om bruk av kjernevåpen fra en annen. (90)

Department of Atomic Energy og Defence Research & Development Organisation, pressemelding, 17. mai 1998

Konstruksjon og utvikling av forskjellige typer kjerneladninger (for eksempel fisjonsladninger, boostede fisjonsladninger, termonukleære ladninger og lavytelsesladninger) har blitt utført av BARC basert på mer enn 25 års forskning og utvikling. (27)

Pakistans statsminister, 23. mai 1998

Med sine prøvesprengninger gav India klar melding om at Pakistan skulle slutte å støtte befolkningen i Kashmir i deres krav om selvråderett. Dere husker at jeg har prøvd å få i stand en dialog med India for å løse saken fredelig. Men India svarer med kjernefysiske prøvesprengninger og truer med å bruke kjernevåpen.

Vi blir bedt om å beherske oss. Har vi ikke i årevis i aller høyeste grad vist beherskelse siden vi utviklet kjernefysisk kompetanse? Vår ikke-spredningspolitikk har vært uklanderlig. Maktbalansen har blitt voldsomt forandret. Under slike forutsetninger må fokus ligge på den nasjonale sikkerheten. Pakistan er en demokratisk stat, og det er fullstendig nasjonal enighet om å besvare utfordringene og trusselen. (91)

D.3 Pakistan, 1998

Her presenteres utdrag av noen av de mer offisielle uttalelsene etter Pakistans prøvesprengninger. Pakistan erklærte ikke at staten ikke skulle være den første til å ta kjernevåpen i bruk, noe India derimot gjorde.

Statsminister Sharif, pressekonferanse, 28. mai 1998

Pakistan har i dag gjennomført vellykkede detonasjoner av fem kjernefysiske ladninger. Resultatene var som forventet. Det var ingen utslipp av radioaktivitet til atmosfæren. Hele nasjonen er med rette stolte av prestasjonene til AEC, dr A Q Khan, forskningslaboratorier og tilknyttede organisasjoner.

Pakistan har vært nødt til å ta i bruk det kjernefysiske alternativet på grunn av Indias kjernevåpenprogram, som radikalt forandret den strategiske balansen i regionen. Kjernevåpnene

våre skal avskrekke utenlandske angrep, både kjernefysiske og konvensjonelle sådanne. Pakistan fortsetter å støtte målet om kjernefysisk nedrustning og ikke-spredning. Vi er beredt til å fortsette dialog med India om hovedspørsmålene Jammu og Kashmir, så vel som fred og sikkerhet. Pakistan gjentar sitt tilbud til India om fredsavtale. Alle stater forsikres om at våre kjernevåpen bare er ment for selvforsvar. (51)

Indisk pressemelding, 28. mai 1998

Pakistans prøvesprengninger har bekreftet det vi alle har visst lenge: At denne staten har vært i besittelse av kjernevåpen. (92)

Indias statsminister Vajpayee, 28. mai 1998

Detonasjonen av kjerneladninger i Pakistan kan føre oss til å revurdere Indias løfte om ikke å foreta flere prøvesprengninger. Vi forplikter oss fremdeles til ikke å være den første som tar kjernevåpen i bruk. (93)

Indisk pressemelding, 28. mai 1998

Den pakistanske utenrikssekretæren har uttalt at India skulle forberede angrep på pakistanske kjernefysiske anlegg. Vi vil gjerne gjøre det klart at India står fast ved sine avtaler, også *India-Pakistan Agreement on the Prohibition of Attack Against Nuclear Installations and Facilities*. Fra vår side er det ingen intensjon om å øke spenningen mellom India og Pakistan. (94)

Pakistans utenriksminister Gohar Ayub Khan erklærte Pakistan for å være en kjernevåpenstat i et intervju med AP den 29. mai 1998, ifølge Monterey Institute of International Studies (59).

Pakistansk erklæring, 30. mai 1998

Pakistan avsluttet serien av prøvesprengninger med én prøvesprengning i dag. Resultatene var som forventet. Det var ingen radioaktive utslipp i atmosfæren. Alle ladningene som har blitt prøvesprengt, tilsvarer stridshodekonfigurasjoner som passer sammen med leveringsmidler. India startet sitt massive kjernevåpenprogram rett etter at staten ble selvstendig. India har utøvet aggresjon mot Kina, kriger mot Pakistan og en illegal okkupasjon av Kashmir, sammen med et fullstendig avslag på kasjmirenes rett til selvstyre slik det framgår av vedtaket i FNs sikkerhetsråd. Som nabo til en ekspansjonistisk og hegemonistisk stat, har vi lært den uunngåelige leksen at vi selv må sørge for vår sikkerhet. (52)

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/rapporter/2003/00460.pdf>.
- (2) Toft H K (2004): *Pakistans kjernevåpenprogram*, FFI/RAPPORT-2004/00113, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, ISBN-82-464-0886-0, <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2004/00113.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) 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.
- (6) 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>.
- (7) Ringdal F (NORSAR) (2003): Personlig kommunikasjon.
- (8) Ringdal F, Marshall P D, Alewine R W (1992): *Seismic Yield Estimation of Soviet Underground Nuclear Explosions at the Shagan River Test Site*, *Geophysical Journal* **109**, 65 - 77.
- (9) Federation of American Scientists (2004): *United States Nuclear Tests, July 1945 to through September 1992*, DOE/NV-209 (Rev. 14), desember 1994, <http://fas.org/nuke/guide/usa/nuclear/209chron.pdf>.
- (10) Sublette C (1999): *Operation Ivy*, <http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Ivy.html>.
- (11) Sublette C (2001): *Smiling Buddha: 1974*, <http://nuclearweaponarchive.org/India/IndiaSmiling.html>.
- (12) Federation of American Scientists (2000): *First Nuclear Test at Pokhran in 1974*, <http://www.fas.org/nuke/guide/india/nuke/first-pix.htm>.
- (13) The New York Times (1974): 19. mai 1974.

- (14) Chidambaram R (2000): *The May 1998 Pokhran Tests: Scientific Aspects*, South Asia Analysis Group, Paper no. 451, <http://www.saag.org/papers5/paper451.html>.
- (15) Gupta V, Pabian F (1997): *Investigating the Allegations of Indian Nuclear Test Preparations in the Rajasthan Desert - A CTB Verification Exercise Using Commercial Satellite Imagery*, *Science & Global Security* **6**, 101-188.
- (16) Albright D, Hibbs M (1992): *India's silent bomb*, *Bulletin of the Atomic Scientists*, september 1992, <http://www.bullatomsci.org/issues/1992/s92/s92.albright.html>.
- (17) Perkovich G (1999): *India's Nuclear Bomb*, University of California Press, ISBN 0-520-21772-1.
- (18) Federation of American Scientists (2000): *Nuclear Weapons*, om India, <http://www.fas.org/nuke/guide/india/nuke/>.
- (19) The New York Times (1998): *Analysis: Experts Greet India's H-bomb With Suspicion*, 19. mai 1998, <http://www.nytimes.com/library/national/science/051998sci-nuke-monitor.html>.
- (20) Albright D (1998): *The shots heard 'round the world*, *Bulletin of the Atomic Scientists* **54**, nr 4, juli/august 1998, <http://www.thebulletin.org/issues/1998/ja98/ja98albright.html>.
- (21) Nuclear Threat Initiative (2003): *Nuclear Overview*, ved G Kampani, http://www.nti.org/e_research/profiles/India/Nuclear.
- (22) NRDC Nuclear Notebook (1998): *Known Nuclear Tests Worldwide, 1945-98*, *Bulletin of the Atomic Scientists* **54**, nr 6, november/desember 1998, ved R S Norris og W M Arkin, <http://www.thebulletin.org/issues/nukenotes/nd98nukenote.html>.
- (23) Wallace T C (1998): *The May 1998 India and Pakistan Nuclear Tests*, preprint, det henvises til *Seismic Research Letters* **69**, 5, september/oktober 1998, 386-393, preprint tilgjengelig på: <http://www.geo.arizona.edu/geophysics/faculty/wallace/ind.pak/>.
- (24) Federation of American Scientists (1998): *Interview with Atal Bihari Vajpayee - "India is now a Nuclear Weapon State"*, utdrag av samtale med journalist fra India Today, <http://www.fas.org/news/india/1998/05/980518-interview.htm>.
- (25) Federation of American Scientists (1998): Referat fra pressekonferanse med dr R Chidambaram og dr A P J Abdul Kalam, 17. mai 1998, <http://www.fas.org/news/india/1998/05/980500-conf.htm>.
- (26) Sublette C (2001): *Operation Shakti: 1998*, <http://nuclearweaponarchive.org/India/IndiaShakti.html>.
- (27) Department of Atomic Energy og Defence Research & Development Organisation (1998): *Joint Statement by Department of Atomic Energy and Defence Research and Development Organisation*, pressemelding, 17. mai 1998, http://www.indianembassy.org/pic/PR_1998/May98/prmay1798.htm.

- (28) Barker B et al (1998): *Monitoring Nuclear Tests*, Science magazine **281**, 25. september 1998, 1967-1968.
- (29) Sikka S K, Falguni R, Nair G J, Kolvankar V G, Kakodkar A (1998): *Update on the yield of May 11-13, 1998 Nuclear Detonations at Pokhran*, BARC Newsletter, nr 178, november 1998, http://www.barc.ernet.in/webpages/letter/newsletter_year_1998/novletter.html.
- (30) Natural Resources Defense Council (1994): *United States Nuclear Tests, July 1945 to 31 December 1992*, Nuclear Weapons Databook **94-1**, ved R S Norris og T B Cochran.
- (31) BARC News Letter (1999): *Post Shot Radioactivity Measurements on Samples Extracted from Thermonuclear Test Site*, BARC News Letter **186**, juli 1999, http://www.barc.ernet.in/webpages/letter/newsletter_year_1999/july99.html.
- (32) Subramanian T S (1998): *Technological, scientific success*, Frontline **15**, nr 11, 23. mai - 5. juni 1998, <http://www.flonnet.com/fl1511/15110130.htm>.
- (33) Attarde R B, Shukla V K, Babu D A R, Kulkarni V V, Kakodkar A (1999): *Fission Signatures of Tests on Sub-kiloton Devices*, BARC News Letter, nr 187, september 1999, http://www.barc.ernet.in/webpages/letter/newsletter_year_1999/sep99.html.
- (34) Eliot Marshall (1998): *Did Test Ban Watchdog Fail to Bark?*, Science magazine **280**, 26. juni 1998, 2038-2040.
- (35) Frontline (2000): *Neutron bomb capability exists*, intervju med dr A Kakodkar, Frontline **17**, nr 25, 9. - 22. desember 2000, <http://www.frontlineonnet.com/fl1725/17250890.htm>.
- (36) Lawrence Livermore National Laboratory (1999): *Seismic Monitoring Techniques Put to a Test*, Science and Technical Review, april 1999, <http://www.llnl.gov/str/Walter.html>.
- (37) Schweitzer J, Ringdal F, Fyen J (1998): *The Indian nuclear explosions of 11 and 13 May 1998*, Semiannual Technical Summary, NORSAR Scientific Report No. 2-97/98, Kjeller.
- (38) NORSAR (1999): *Indias og Pakistans atomprøver i 1998*, årsmelding 1998, Kjeller.
- (39) Försvarets Forskningsanstalt (1974): *Nuclear Explosions in India, May 18 1974*, Event Report No. 11, NO. C4585-A1.
- (40) 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.
- (41) NewScientist (1998): *Making waves*, NewScientist **158**, nr 18, 2138, <http://archive.newscientist.com/secure/article/article.jsp?rp=1&id=mg15821382.800>.
- (42) National Academy of Sciences (2002): *Technical Issues Related to the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty*, National Academy Press, ISBN-0-309-08506-3.
- (43) NRDC Nuclear Notebook (2002): *India's Nuclear Forces, 2002*, Bulletin of the Atomic

- Scientsts **58**, nr 2, mars/april 2002, ved R S Norris, W M Arkin, H M Kristensen og J Handler, <http://www.thebulletin.org/issues/nukenotes/ma02nukenote.html>.
- (44) 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.
- (45) Hibbs M (1998): *India May Test Again Because H-Bomb Failed, U.S. Believes*, Nucleonics Week, 26. november 1998, gjengitt i Nuclear Watch: <http://www.nyu.edu/globalbeat/nucwatch/nucwatch112698.html>.
- (46) Rediff On The NeT (1998): *India may not have an H-bomb, says scientist*, ved P Rajendran, <http://www.rediff.com/news/1998/may/25sub.htm>.
- (47) Programme for Promoting Nuclear Non-Proliferation (1998): *Proliferation-Related Developments: India and Pakistan*, PPNN Newsbrief **42**, 2nd Quarter 1998, <http://www.ppnn.soton.ac.uk/nb42i.pdf>.
- (48) Sublette C (2001): *Fission-Fusion Hybrid Weapons, Nuclear Weapons Frequently Asked Questions*, <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4-3.html>.
- (49) The Financial Express (1999): *India can make neutron bomb, says Atomic Energy Commission chief*, 17. august 1999, <http://www.financialexpress.com/fe/daily/19990817/fec17005.html>.
- (50) Cirincione J (2002): *Deadly Arsenals, Tracking Weapons of Mass Destruction*, Carnegie Endowment for International Peace, ISBN 0-87003-193-7.
- (51) 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>.
- (52) Federation of American Scientists (1998): *Pakistan Completes the Current Series of Nuclear Tests... Foreign Secretary, Mr. Shamshad Ahmed's Statement at the Press Conference in Islamabad on 30 May 1998*, <http://www.fas.org/news/pakistan/1998/05/980530-gop.htm>.
- (53) Sublette C (2001): *1998: The Year of Testing, Pakistan's Nuclear Weapons Program*, <http://nuclearweaponarchive.org/Pakistan/PakTests.html>.
- (54) Rediff On The NeT(1998): *Pakistan conducts another nuclear test, 30. mai 1998*, <http://www.rediff.com/news/1998/may/30bomb10.htm>.
- (55) Federation of American Scientists (1998): *Associated Press of Pakistan, News Summary (30-05-1998)*, <http://www.fas.org/news/pakistan/1998/05/980530-app.htm>.
- (56) Federation of American Scientists (1998): *Radio Pakistan Home Broadcasts 30-05-1998*, <http://fas.org/news/pakistan/1998/05/980530-pbc.htm>.
- (57) Pakistan Institute for Air Defence Studies (1998): *Pakistan's Nuclear Tests*, PIADS

Pakistan Defence News Bulletin, <http://www.piads.com.pk/users/piads/pknukenews.html>.

- (58) Arms Control Association (1998): *False Accusations, Undetected Tests and Implications for the CTB Treaty*, Arms Control Today, mai 1998, http://www.armscontrol.org/act/1998_05/vimy98.asp.
- (59) McNichols S (2002): *Chronology of Pakistani Nuclear Development*, Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies, <http://cns.miis.edu/research/india/paknucch.htm>.
- (60) Rediff On The Net (1998): *'Pak's N-programme is more sophisticated than India's'*, intervju med dr A Q Khan til *The times*, referert av Rediff: <http://www.rediff.com/news/1998/may/30bomb11.htm>.
- (61) Sublette C (1998): *'Pak's N-programme is more sophisticated than India's'*, intervju med dr A Q Khan til *The times*, referert av Sublette: <http://nuclearweaponarchive.org/Pakistan/KhanInterview.html>.
- (62) Federation of American Scientists (2000): *Wazir Khan Khosa, Kharan Desert*, <http://fas.org/nuke/guide/pakistan/facility/kharan.htm>.
- (63) pIDC / Center for Monitoring Research (2003): Offisiell hjemmeside, <http://www.cmr.gov/>.
- (64) Wigg L (FOI) (2003): Personlig kommunikasjon.
- (65) The Hindu (1998): *Pakistan 'Clears' Mystery Over Nuclear Tests*, 29. juni 1998, referert på <http://www.nti.org/db/nuclear/1998/n9818024.htm>.
- (66) Institute for Science and International Security (1998): *Pakistan's May 30, 1998 Nuclear Test Site*, <http://www-isis-online.org/publications/southasia/pakistan%20may%2030%20test%20site/>.
- (67) Institute for Science and International Security (2003): *Images of Pakistan's Nuclear Test Sites*, <http://www.isis-online.org/publications/southasia/photoindex.html>.
- (68) Walter W R, Rodgers A J, Mayeda K, Myers S C, Pasyanos M, Denny M (1998): *Preliminary Regional Seismic Analysis of Nuclear Explosions and Earthquakes in Southwest Asia*, Lawrence Livermore National Laboratory, juli 1998, <http://www.llnl.gov/tid/lof/documents/pdf/903991.pdf>.
- (69) The Washington Post (1999): *U.S. Labs At Odds On Whether Pakistani Blast Used Plutonium*, 17. januar 1999, referert på <http://www.nti.org/db/nuclear/1999/n9918877.htm>.
- (70) The New York Times (2004): *Pakistan May Have Aided North Korea A-Test*, ved D E Sanger og W J Broad, 27. februar 2004.
- (71) Hibbs M (2000): *Vented Indian Plutonium Deemed Source of Reports Pakistan Tested Pu Weapons*, Nuclear Fuel **25**, nr 3, 7. februar 2000, referert av NTI: <http://www.nti.org/db/nuclear/2000/n0020567.htm>.

- (72) Edwards R (2000): *India's Tests Pollute Pakistan*, New Scientist, 19. februar 2000, referert av NTI: <http://www.nti.org/db/nuclear/2000/n0020254.htm>.
- (73) Kippe H (2003): *Nord-Koreas kjernevåpenprogram*, FFI/RAPPORT-2003/00942, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, ISBN-82-464-0713-9, <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2003/00942.pdf>.
- (74) The Washington Post (1998): *Pakistan Sets Off Nuclear Blasts; 'Today, We Have Settled A Score,' Premier Says*, 29. mai 1998.
- (75) Jane's (2004): *Khanfessions of a proliferator*, ved A Koch, Jane's Defence Weekly, vol 41, nr 9, 3. mars 2004.
- (76) The Washington Post (2004): *Libyan Arms Designs Traced Back to China*, ved J Warrick og P Slevin, 15. februar 2004.
- (77) Federation of American Scientists (2000): *Nuclear Weapons Program*, om Sør-Afrika, <http://fas.org/nuke/guide/rsa/nuke/>.
- (78) The 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.
- (79) Reuters (2004): *No Slowdown in Pakistan Nuclear Program - Musharraf*, ved M Collett-White, 1. juli 2004.
- (80) 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>
- (81) 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.
- (82) Høibråten S (1998): *Subkritiske tester - Kjernevåpentesting under avtalen om fullstendig prøvestans*, FFI/NOTAT-98/05299, ugradert, Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller.
- (83) The New York Times (1974): 20. mai 1974.
- (84) The New York Times (1974): 23. mai 1974.
- (85) Embassy of India, Washington, DC (1998): *Press Releases relating to India's Nuclear Tests*, [http://www.indianembassy.org/pic/nuclear/press\(nuclear\).htm](http://www.indianembassy.org/pic/nuclear/press(nuclear).htm).
- (86) Embassy of India, Washington, DC (1998): *Prime Minister's Statements and Interview*, statsministerens uttalelser om prøvesprengningene i 1998, [http://www.indianembassy.org/pic/nuclear/pm\(interview\).htm](http://www.indianembassy.org/pic/nuclear/pm(interview).htm).

- (87) Embassy of India, Washington, DC (2002): *Nuclear Tests*, informasjon om Indias kjernevåpenpolitikk og prøvesprengninger, <http://www.indianembassy.org/pic/nucleartest.htm>.
- (88) Embassy of India, Washington, DC (1998): *Planned Series of Nuclear Tests Completed*, pressemelding, http://www.indianembassy.org/pic/PR_1998/May98/prmay1198.htm.
- (89) Federation of American Scientists (1998): *Press Statement of the Government of Pakistan on the Two Additional Nuclear Tests Carried Out by India on 13 May 1998*, Pakistan Mission to the United Nations, New York, <http://www.fas.org/news/pakistan/1998/05/1498513a.htm>.
- (90) Embassy of India, Washington, DC (1998): *Press Release issued in New Delhi on UN Security Council Resolution on India's Nuclear Tests*, 15. mai 1998, http://www.indianembassy.org/pic/PR_1998/May98/prmay1598.htm.
- (91) Federation of American Scientists (1998): *Prime Minister Nawaz Sharif's statement on the Indian nuclear tests at a Press Conference, 23 May 1998*, <http://www.fas.org/news/pakistan/1998/05/980523-gop.htm>.
- (92) Embassy of India, Washington, DC (1998): *Statements of the Official Spokesman on Pakistan's nuclear tests*, pressemelding, 28. mai 1998, http://www.indianembassy.org/pic/PR_1998/May98/prmay2898.htm.
- (93) atomicarchive.com (1998): *Special Report: The Nuclear Crisis - India & Pakistan*, nyhetsføljetong, <http://www.atomicarchive.com/Reports/India/IndiaEvents.shtml>.
- (94) Embassy of India, Washington, DC (1998): *Official Spokesman's statement on Pakistan's allegation*, pressemelding, 28. mai 1998, [http://www.indianembassy.org/pic/PR_1998/May98/prmay28\(2\)98.htm](http://www.indianembassy.org/pic/PR_1998/May98/prmay28(2)98.htm).