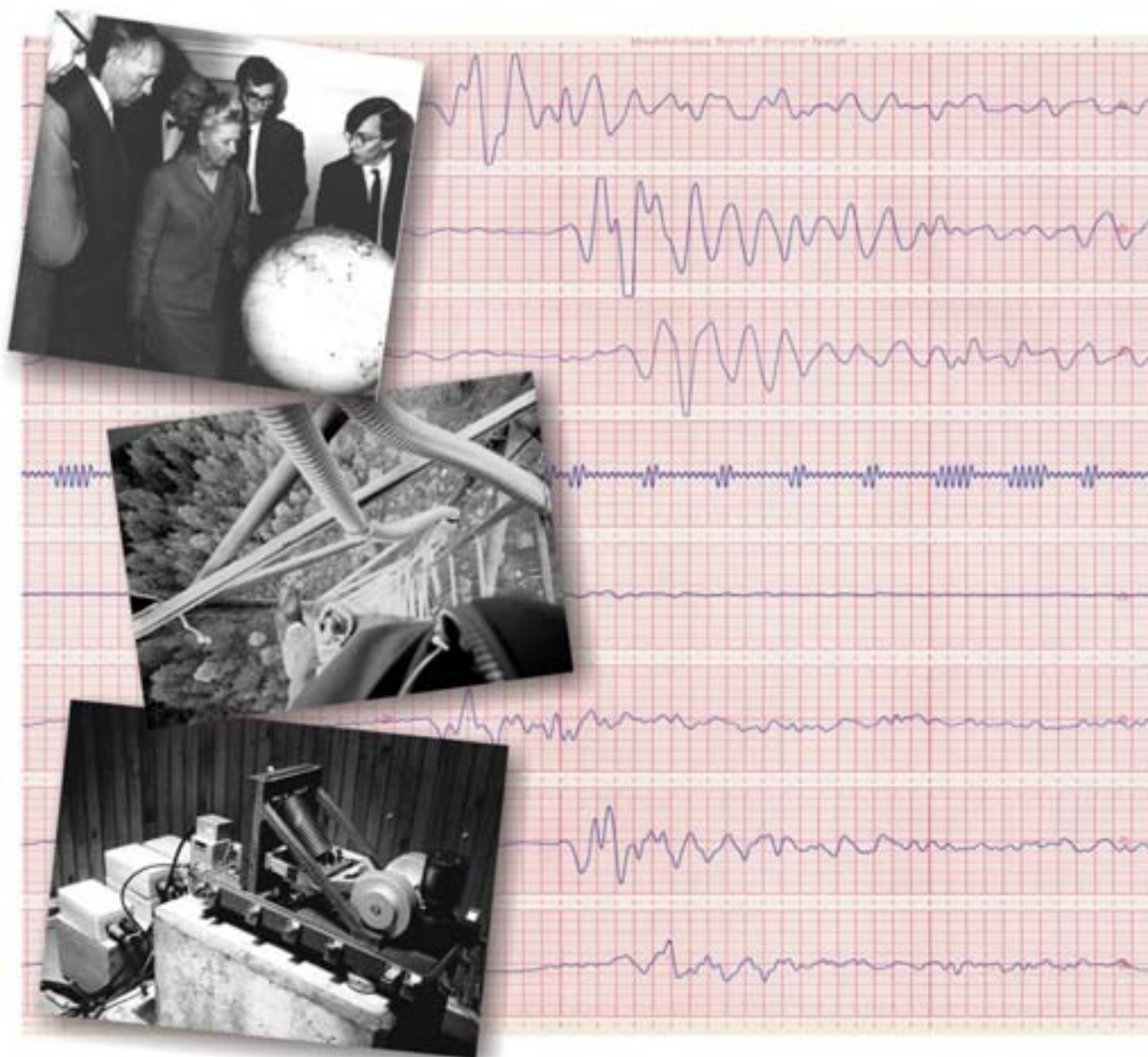


Hagforsobservatoriet, seismologisk verksamhet

Ingvar Nedgård



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1350 anställda varav ungefär 950 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömningen av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Systemteknik
164 90 Stockholm

Tel: 08-5550 3000
Fax: 08-5550 3100

www.foi.se

Hagforsobservatoriet,
seismologisk verksamhet

Utgivare FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut Systemteknik 164 90 Stockholm	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1651--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 3. Skydd mot NBC och andra farliga ämnen	
	Månad, år Juni 2005	Projektnummer I60133
	Delområde 34 Internationell säkerhet	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Ingvar Nedgård	Projektledare Ingvar Nedgård	
	Godkänd av Monica Dahmén	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Ingvar Nedgård	
Rapportens titel Hagforsobservatoriet, seismologisk verksamhet		
Sammanfattning (högst 200 ord) Rapporten ger först en kort introduktion om den historiska bakgrunden till kärnvapenupprustningen, följt av ett kapitel om nedrustningsförhandlingar, viktiga avtal och en kort presentation av tre kvinnor, som spelat en framträdande roll för Sveriges engagemang i nedrustningsfrågor. Nästa kapitel behandlar det första landsomfattande nätet av seismografstationer i Sverige, den första perioden av sprängförsök och provuppföljningsverksamhet vid FOA. Möjligheten att övervaka kärnvapenprov med hjälp av seismiska metoder var och är fortfarande av stor vikt. Här beskrivs projekteringen för en svensk seismologisk multipelstation (arraystation). I kapitlet "Uppbyggnad och invigning av Hagforsobservatoriet" beskrivs hur statsrådet Alva Myrdal invigde Hagfors seismologiska multipelstation i maj 1969. Här finns också information om stationens instrumentella utrustning. Ett kapitel behandlar seismologiska bulletiner, telexmeddelanden och annan information som producerades i Hagfors och vid det Nationella Datacentret i Stockholm. Hagforsobservatoriet och dess utveckling beskrivs efter invigningen 1969, efter automatiseringen 1983 och uppbyggnaden av den nya certifierade mätstationen som påbörjades efter beslut i december år 2000. Den nya Hagfors stationen certifierades den 17 december 2002. En del med Hagforsobservatoriet sammanhängande seismologisk verksamhet (prospektering av naturresurser, kärnkraftsäkerhet, spaning i fält mm.) berörs också och mer detaljer om dessa verksamheter finns tillgängliga i refererade rapporter.		
Nyckelord Seismologi, Hagforsobservatoriet, kärnladdningsexplosion, nedrustning, provuppföljning		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 55 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Systems Technology SE-164 90 Stockholm	Report number, ISRN FOI-R--1651--SE	Report type Technical report
	Programme Areas 3. NBC Defence and other hazardous substances	
	Month year June 2005	Project no. I60133
	Subcategories 34 International Security	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Ingvar Nedgård	Project manager Ingvar Nedgård	
	Approved by Monica Dahmén	
	Sponsoring agency	
	Scientifically and technically responsible Ingvar Nedgård	
Report title (In translation) The Hagfors Observatory, seismological activity		
Abstract (not more than 200 words) In this report a short introduction to the historical background of the nuclear arms race is given, followed by a chapter about disarmament negotiations, important treaties and a short presentation of three women that played a key role for the Swedish engagement in disarmament issues. Next chapter deals with the first nation wide seismic network in Sweden, the early period of field tests with chemical explosives and the monitoring of other nations nuclear activity by FOA. The possibility to monitor nuclear weapon tests by seismic methods was and still is of great importance. The project of a Swedish seismological array station at Hagfors and the opening by cabinet minister Alva Myrdal in May 1969 is described. Information about the instrumentation at the station is included. One chapter describes seismological bulletins and announcements made by the National Data Centre in Stockholm. The developments of the Hagfors Observatory after the opening in 1969 and the time after 1983 when the station was made automatic are described. A decision in December 2000 was the start to build the new array station in Hagfors. The new Hagfors station was certified as an auxiliary station in the IMS network December 17, 2002. Other seismic activities at FOA/FOI are also referred to.		
Keywords Seismology, Hagfors Observatory, nuclear explosion, disarmament, monitoring		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 55 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehållsförteckning

Inledning.....	5
Historisk bakgrund	5
Nedrustningsförhandlingar	6
Övervakning av kärnladdningsexplosioner i ett historiskt perspektiv	7
Projektering för en svensk seismologisk multipelstation	11
Uppbyggnad och invigning av Hagforsobservatoriet.....	14
Produktion av seismologiska bulletiner	19
Hagforsobservatoriet efter invigningen 1969.....	20
Hagforsobservatoriet efter automatisering 1983	29
En ny array station i Hagfors.....	35
Referenser.....	39
Appendix A	43
Appendix B	49
Appendix C	54

Inledning

Syftet med denna rapport är att ge en bakgrund till uppbyggnaden av den seismologiska mätstationen i Hagfors och försöka skildra några viktiga skeden i stationens utveckling. Källmaterialet är hämtat från FOI/FOA-rapporter, Nationalencyklopedin och från intervjuer med personer, som var med under stationens uppbyggnad. Naturligtvis kan inte all information från så många års verksamhet rymmas i en rapport, men den intresserade läsaren kan säkert finna ytterligare läsning i de refererade rapporterna och i andra FOI/FOA-rapporter med anknytning till den seismologiska forskningen vid FOI.

Författaren vill tacka Leif Nordgren för värdefull information om pionjärtiden, uppbyggnaden av den seismologiska multipelstationen i Hagfors och fotografier. Jag vill tacka Nils-Olov Bergkvist för bidrag om tidpunkter för införande av olika mätsystem i Hagfors samt koordinater för de olika mätpunkterna mm. Jag tackar Per-Åke Jansson för alla fina fotografier från olika mätplatser och av personer, som varit delaktiga i uppbyggnad och drift av Hagfors-observatoriet. Tack till Lennart Crona för skanning av dia-bilder. Jag tackar också Leif Persson för bidrag med rapporter, tack till Matts Gustavsson och Jörgen Pihl för information om olika datorsystem. Tack till Peder Johansson för värdefulla kommentarer om det internationella arbetet. Stort tack också till Ola Dahlman, Hans Israelson, Ragnar Slunga och alla medarbetare som under åren dokumenterat Hagforsobservatoriets verksamhet i bok och rapportform.

Historisk bakgrund

Efter första världskriget (1914-1918) uppstod ett nytt militärpolitiskt läge för Sverige [1], med kraftiga nedskärningar av krigsorganisationen som följd. Ryssland och Tyskland hade besegrats och Nationernas förbund hade bildats för att bevara den framtida freden.

Riksdagen inledde 1936 en försiktig återupprustning av försvaret. En för alla försvarsgrenar gemensam försvarsstab inrättades och i krig skulle en överbefälhavare utses. Under ledning av samlingsregeringen genomfördes under andra världskriget (1939-1945) en kraftig uppbyggnad av försvaret, som dock kom att nå full effekt först efter krigets slut. Pansartrupper och luftvärn bildade egna truppslag och betydande förstärkningar av flottan och flyget genomfördes.

Några myndigheter som bildades vid denna tid var Flygtekniska försöksanstalten (FFA, bildad 1940) och Försvarets forskningsanstalt (FOA, bildad 1945) efter sammanslagning av Försvarsväsendets kemiska anstalt med bl.a. Militärfysiska institutet.

Före andra världskrigets slut utförde USA ett kärnladdningsprov i Alamogordo, New Mexico. Provet utfördes under täcknamnet ”Trinity” och laddningen bestod av plutonium med en sprängstyrka motsvarande ca 20 kt TNT (trinitrotoluen, trotyl) [2, 3]. Laddningen var applicerad i ett torn och explosionen utlöstes klockan 12:30 GMT den 16 juli 1945. Under krigets slutskede flygfälldes två kärnladdningar mot Japan. Den första fälldes den 5 augusti 1945 klockan 23:15 GMT över Hiroshima och den andra den 9 augusti 1945 01:58 GMT över Nagasaki. Den första laddningen bestod av uran med en sprängstyrka motsvarande 10-15 kt TNT och gick under täcknamn ”Little Boy”. Den andra laddningen bestod av plutonium med en sprängstyrka av ca 20 kt TNT med täcknamnet ”Fat Man”.

USA genomförde också två kärnladdningsprov på Bikini öarna 1946, varav en flygfälld och en under havsytan. Dessa följdes upp med tre prov utförda i torn på Enewetak öarna.

I den svenska riksdagen framfördes efter kriget förslag om nedskärningar av försvaret, vilket visade sig vara baserat på en väl optimistisk syn på världsläget. Pragkuppen 1948 och Korea-kriget 1950 bidrog till en rad fleråriga försvarsbeslut med förnyelse och modernisering av materielen som följd. Sovjetunionen utförde den 29 augusti 1949 sin första kärnladdnings-explosion över jordytan vid Semipalatinsk i Kazakhstan. Laddningen bestod av plutonium med en sprängstyrka motsvarande 22 kt TNT. Den 3 oktober 1952 utförde Storbritannien sin första kärnladdningsexplosion vid Monte Bello öarna utanför Australiens nordvästra kust. En laddning av plutonium med en styrka motsvarande 25 kt TNT placerades i en pråm. Provet utfördes under täcknamnet "Hurricane".

Den 31 oktober 1952 klockan 19:15 GMT genomförde USA sin första väteladdningsexplosion. Provet utfördes över markytan vid Enewetak öarna under täcknamnet "Mike" och hade en sprängstyrka motsvarande 10.4 Mt TNT. Sovjetunionens sannolikt första väteladdningsexplosion genomfördes den 12 augusti 1953, som en del av en provserie. Provet utfördes över markytan och hade en sprängstyrka motsvarande 400 kt TNT.

De båda supermakterna USA och Sovjetunionen med sina allierade i maktblocken NATO och Warszawapakten förfogade nu över mycket kraftfulla vapen och kapprustningen fortsatte. Den hotbild som var vägledande för svensk försvarspolitik var risken för krig mellan maktblocken i Europa. Den 13 februari 1960 klockan 07:04 GMT klev Frankrike in i "kärnvapenklubben" med sin första kärnladdningsexplosion utförd under täcknamnet "Bleue" i Sahara öken, Algeriet. Laddningen var av plutonium placerad i ett torn och med en sprängstyrka motsvarande 60-70 kt TNT. Efter det partiella provstoppsavtalets undertecknande i Moskva den 5 augusti 1963 utförde Kina sitt första kärnvapenprov i Lop Nor den 16 oktober 1964. Explosionen utfördes i ett torn och laddningen bestod av uran 235 med en sprängkraft motsvarande runt 20 kt TNT.

Från militärt håll framfördes krav på svenska kärnvapen från 1954 och år 1957 krävde ÖB att Sveriges försvar skulle utrustas med kärnvapen. Under slutet av 1950- och början av 1960-talet studerades möjligheten att tillverka svenska kärnvapen, bl.a. för det av SAAB projekterade, atomvapenbestyckade attackflygplanet A 36. Samtidigt bildades 1958 Aktionsgruppen mot svensk atombomb (AMSA) av ett 20-tal intellektuella bestående av både pacifister och anhängare av konventionellt försvar. Inom det socialdemokratiska partiet vållade kärnvapenfrågan starka motsättningar. Motståndet kom framför allt från kvinnoförbundet där Ulla Lindström var en ledande kraft i kampen mot svenska kärnvapen. Kärnvapenfrågan förhållades så länge att de begynnande försvarsekonomiska problemen och den strategiska utvecklingen under 1960-talet gjorde svenska kärnvapen militärt och politiskt överspelade och Sverige beslöt i princip att inte anskaffa kärnvapen.

Några referenser till forskningsrapporter skrivna på FOA under 1950-, 1960- och 1970-talet finns angivna i appendix A. Referenserna är utvalda ur FOI biblioteks databas genom sökorden "Uran" och "Plutonium" och innehåller även senare skrivna rapporter på FOA/FOI. FOI är numera namnet på Totalförsvarets Forskningsinstitut bildat 2001 genom sammanslagning av myndigheterna FFA och FOA.

Nedrustningsförhandlingar

Tre kvinnor, Alva Myrdal, Inga Thorsson och Maj Britt Theorin spelade förutom Ulla Lindström en framträdande roll för Sveriges engagemang i nedrustningsfrågor [20].

Alva Myrdal var svensk chefsdelegat vid nedrustningskonferensen i Genève 1962-73 och blev för den uppgiften statsråd 1966. År 1976 utkom i Sverige hennes uppmärksammade bok *Spelet om nedrustningen* och år 1982 tilldelades hon Nobels fredspris tillsammans med mexikanen Alfonso Garcia Robles.

Inga Thorsson tjänstgjorde 1974-82 som statssekreterare och ordförande för den svenska delegationen vid FN: s nedrustningskonferens i Genève. Inga Thorsson hade liksom Alva Myrdal många andra uppdrag och var bl.a. president för ickespridningsfördragets första granskningskonferens.

Maj Britt Theorin var 1982-91 ambassadör och ordförande för svenska nedrustningsdelegationen i Genève. Theorin kritiserade den svenska militärt baserade säkerhetspolitiken och krävde svensk nedrustning. Åren 1989-90 var hon ordförande i FN: s expertkommission rörande kärnvapen, därefter till 1991 ordförande i FN: s expertkommission för militära resurser till miljön.

Efter andra världskriget krävde en bred internationell opinion stopp för fortsatta kärnvapenprov och 1963 ingicks *det partiella provstoppsavtalet*, som dock inte förbjöd provsprängningar under jord och således inte hämmade de fördragsslutande kärnvapenmakternas fortsatta tekniska utvecklingsarbete. Kärnvapenmakternas strävan med 1968 års *ickespridningsavtal* var att förhindra en förväntad snabb utökning av kärnvapenklubben. De nedrustningsåtaganden kärnvapenmakterna gjorde var vagt utformade och på olika håll i tredje världen uppfattades avtalet följaktligen som diskriminerande. Flera viktiga länder, däribland Indien, avstod från att underteckna det.

Från slutet av 1960-talet koncentrerades nedrustningsförhandlingarna på kärnvapenområdet till SALT-processen (*Strategic Arms Limitation Talks*), där Sovjetunionen och USA bilateralt dryftade de strategiska kärnvapenarsenalernas fortsatta utveckling. *SALT 1-avtalet* 1972 föreskrev en övre begränsning för olika kategorier av strategiska kärnvapensystem. Sommaren 1974 ingicks ett s k tröskelavtal mellan USA och Sovjetunionen som fr.o.m. april 1976 begränsade styrkan hos dessa länders kärnvapenprov till under 150 kiloton [24]. Det mödosamt framförhandlade men ej ratificerade *SALT 2-avtalet* 1979 innehöll förutom sådana tak också försök att begränsa det tekniska utvecklingsarbetet och vissa vapentypers prestanda. Båda parter hade en benägenhet att satsa på ny spektakulär teknik och bibehöll militärt föråldrade och tekniskt uttjänta vapensystem som förhandlingskort.

Det var först under den senare hälften av 1980-talet som ett egentligt genombrott inträffade i kärnvapennedrustningen. *INF-avtalet* 1987 innebar att samtliga markbaserade kärnvapenmissiler med medellång räckvidd (de s.k. eurostrategiska kärnvapnen) skrotades, dock ej de franska. *START 1-avtalet* 1991 och *START 2-avtalet* 1993 innebar kraftiga reduktioner i både den f.d. sovjetiska och den amerikanska strategiska arsenalen.

Övervakning av kärnladdningsexplosioner i ett historiskt perspektiv

Den 17 augusti 1945, kort efter att USA fällde de första atombomberna mot Hiroshima och Nagasaki, hade FOAs styrelse ett ordinarie sammanträde. ÖBs representant, Torsten Schmidt, hemställde då ”att FOA måtte verkställa och till ÖB inkomma med en redogörelse för vad som för närvarande vore känt beträffande atombomben”. Torsten Magnusson fick av styrelsen i uppdrag att inkomma till styrelsen med en utredning i ärendet. Detta var startsignalen till FOAs forskning och studier inom kärnvapenområdet (A-programmet) [50].

Det första landsomfattande nätet av seismografstationer upprättades i Sverige under 1950- och 60-talet av Marcus Båth, seismolog och chef för seismologiska institutionen vid Uppsala universitet 1961-76 och professor vid universitetet 1967-76 [1]. Data från de olika mätstationerna sammanställdes i form av bulletiner med angivande av stationsnamn, uppmätta seismiska faser, amplituder, perioder och ankomsttider för signalerna. Om möjligt angavs också källparametrar, som område där händelsen ägt rum, djup i km och en styrka angiven av det logaritmiska måttet magnitud.

Dagliga rapporter sändes från Uppsala via telex till National Earthquake Information Service (NEIS) i Denver, Colorado, USA och till Centre Séismologique Européo-Méditerranéen (CSEM) i Strasbourg, Frankrike [4]. Meddelande om kärnvapenprov och större jordskalv gick också ut till nyhetsmedierna. Genom internationellt datautbyte sändes Vecko- och Månadsbulletiner till ett hundratal adresser och hålkort med seismiska parametervärden sändes månadsvis till International Seismological Centre, i Newbury, Storbritannien.

I juli månad 1960 utförde personal från Försvarets Forskningsanstalt seismiska sprängningsförsök tillsammans med seismologiska institutionen i Uppsala [5, 6]. Syftet var att studera de seismiska vågornas gångtid och amplitud och motiverades för FOA av intresset att klarlägga förutsättningarna för markvågsutbredning från kärnvapenexplosioner. Sprängningar utfördes vid två platser, vid den södra sprängplatsen belägen 7,5 km västnordväst Dorotea kyrka och vid den norra sprängplatsen belägen 6,7 km öster Tjåmotes ödekyrka i Kvikkjokk området.

Sprängningarna vid den södra platsen utfördes i V. Vallsjö en sjö av storlek ca 0,5 km² och med ett största djup 19-20 m. Sprängningarna vid den norra platsen utfördes i en tjärn, kallad Klipptjärn av storlek ungefär 10000 m² och med ett största djup 16 m.

Laddningarna uppbyggdes av ett antal burkladdningar, som travades i lådor av trä. Sprängämnet i burkladdningarna bestod av 5,74 kg nitrolit och 0,24 kg pentylprimer omgivna av ett plåthölje som vägde 0,98 kg. Varje burkladdning var försedd med tre stycken gängade uttag för anbringande av tändmedel. Uttagen fylldes med sprängdeg och laddningen initierades med minst två parallellkopplade el-tändare inbakade i sprängdeg. De sammansatta burkladdningarnas vikt var från 12 kg upp till 600 kg. De förseglade trälådorna förseddes med flytkroppar och bogserades efter båt till skottplatsen.

De båda sprängplatserna låg på ett avstånd av ca 310 km från varandra och enligt planen skulle en mätstation upprättas var 31 km utmed den raka linjen mellan sprängplatserna. Vid varje mätplats placerades 8 seismometrar ut över en linjelängd av 1100 m så nära som terrängförhållandena tillät utmed sagda raka linje. I några enstaka fall kunde endast 6 seismometrar nyttjas. I anslutning till skottplatserna placerades även seismometrar vid mätplatser på ca 5, 10 och 20 km avstånd. Här användes dock endast 3 seismometrar.

Vid FOA studerades också möjligheten att utföra mätningar av variationer i atmosfärtryck från kärnvapenprov. En som variometer konstruerad mikrobarograf kunde användas för mätning av atmosfärtryck från 0,1 - 500 µBar och med frekvenser från 0,002 – 1 Hz [7]. För att underlätta arbetet med att för en given kärnladdningsexplosionsstyrka och explosionshöjd, ta fram värden på luftstöt vågens parametrar, som funktion av avståndet till nollpunkten, transformerades data ur "The Effects of Nuclear Weapons (1964)" till det metriska systemet [15]. Skallstudier utfördes för att undersöka hur energin från kemiska explosioner av olika styrka på olika höjd över marken kopplade till seismiska vågor [16].

Den seismiska övervakningen av kärnladdningsexplosioner vid FOAs Hagforsobservatorium började i slutet av 1960-talet. Aktiviteten i den närbelägna stormakten Sovjetunionen var då naturligtvis av största intresse, men även Kina, Frankrike, Storbritannien och USA bevakades noga. Den 30 maj 1970 utförde Frankrike ett av åtta annonserade atmosfäriska kärnvapenprov på Fangataufa i Stilla Havet. Provet registrerades i Hagfors både som långperiodiska seismiska signaler och som mikrobarografiska signaler [17].

Täckningen med seismiska stationer på norra halvklotet var i förhållande till det södra halvklotet god. Frankrikes provplatser på atollerna Mururoa och Fangataufa bidrog till ett intresse av att upprätta en mätstation för seismisk övervakning på södra halvklotet. I maj månad 1975 åkte Leif Nordgren till Department of Scientific and Industrial Research (DSIR), Geophysics Division, Wellington, Nya Zeeland med en seismometer, en förstärkare, filter, skrivare och en analog bandspelare.



Figur 1. Leif Nordgren (till höger) med mätutrustning vid observatoriet i Wellington, Nya Zeeland. Ray Maunder spikar ihop transportlådorna.



Figur 2. Trälådor med mätutrustning utanför observatoriet i Wellington, Nya Zeeland. Lastningen övervakas av från vänster Herb Orr och Robin Adams.

Utrustningen överfördes till ön Rarotonga (belägen på avståndet 2169 km väster om den franska provplatsen på Mururoa) där den installerades i ett privat garage. De geologiska förutsättningarna var mycket dåliga. Där fanns inget fast berg och den seismiska brusnivå var hög vilket medförde att utrustningen togs hem av Hans Israelsson samma år.



Figur 3. Mätutrustning på Rarotonga maj 1975.

Under mars och april 1977 var Leif Nordgren åter vid DSIR på Nya Zeeland. Nya Zeeländarna hade upprättat ett seismiskt övervakningssystem runt en damm vid sjön Benmore och vi hade fått tillstånd att mäta vid en av deras mätpunkter. Från Sverige transporterades en 14-kanals analog bandspelare (med låg bandhastighet) av samma typ som vid Hagforsstationen och en 2-kanals skrivare. Utrustningen flögs från Wellington till Christ Church och transporterades med bil vidare till Twissel (en tillfälligt uppbyggd kåkstad). Mätdata tappades av från Nya Zeeländarnas seismometer och spelades in på magnetband, som sändes till Sverige för analys. Insamlingen pågick under drygt ett år.



Figur 4. Mätplats i dammövervakningssystemet vid sjön Benmore, Nya Zeeland.

Förutom seismiska och mikrobarografiska signaler analyserades vid FOA förekomst av radioaktiva joner, som insamlades i filter. Tillsammans med meteorologiska data kunde man bestyrka tidigare information om förmodade kärnladdningsprov.

Öppna källor, som dagstidningarna Le Monde och Herald Tribune m.fl. studerades på FOA för att erhålla information om pågående provverksamhet. Ofta annonserades på senare tid kärnvapenprov utförda av USA genom meddelanden från Department of Energy (DOE). Det internationella samarbetet mellan olika seismologiska stationer blev dock och är fortfarande en mycket viktig del i övervakningen av dolda kärnvapenprov under mark och i vatten.

Projektering för en svensk seismologisk multipelstation

På uppdrag av FOA genomförde Seismologiska institutionen i Uppsala under åren 1963-1965 en undersökning av mottagningsförmågan för teleseismiska signaler på 8 platser i landet. Ett område i Värmland-Dalarna visade sig ha bättre mottagningsegenskaper än övriga landet. Leif Nordgren, som började på FOA 1963, var med och byggde upp stationen från början. Ola Dahlman, som senare kom att bli chef på institutionen för seismologi, började 1964 med att göra militärtjänsten på FOA. Ola Dahlman var 1976-1983 Sveriges representant i den av

”Conference of the Committee on Disarmament” (CCD) för detta speciella ändamål tillsatta expertgruppen i Genève och var sedan dess ordförande 1983-1996.

Under augusti och september månad 1965 utfördes i Norge ett antal explosioner i avsikt att bestämma gångtider för seismiska vågor i jordskorpan i Skandinavien. Signalerna från explosionerna registrerades i Finland och Sverige (bl.a. vid den temporära seismiska mätstationen i Uddeholm). Gångtiderna för P_n och P_g visade sig stämma inom 2 sekunder med den för centrala Europa bestämda Haslach tabellen [8], medan avvikelserna för S_g visade sig vara stora. Ett medeldjup för jordskorpan (Moho djup) av 39 km kunde bestämmas uppdelat på ett 12 ± 3 km tjockt granitlager ovanpå ett 27 ± 2 km tjockt lager av basalt.

Under åren 1964-1965 utfördes fältförsök på Malmen i Linköping och efter erhållande av försvarsdepartementets projekteringsuppdrag (Kungl. brev den 15 oktober 1965) inriktade FOA arbetet under 1966 på att finna lämpliga platser, från vilka den för en seismologisk multipelstation mest lämpliga platsen skulle kunna väljas [9]. Tre områden, Siljansnäs, Dala-Järna och Hagfors, ansågs som tänkbara platser för stationen och man beslöt att undersöka mottagningssegenskaperna för teleseismiska signaler på dessa platser. Rekognoseringen utfördes under vintern av Kjell Edin, Ola Dahlman, Leif Nordgren, Evert Jonsson och Svante ”Burre” Buhrström från fältsektionen. De seismologiska mätningarna genomfördes från den 4 mars t.o.m. den 1 april 1966.

Mätningarna utfördes på samtliga tre platser med 2 horisontella och 3 vertikala seismometrar med egenfrekvens 1 Hz, de senare placerades i en triangel med 10 km sida. Data överfördes via telemetri från ytterpunkterna till en central registreringsenhet där mätdata lagrades på magnetband. Under mätperioden registrerades i Dala-Järna och Hagfors 47 respektive 68 jordskalv, vilket motsvarar 1,9 respektive 2,7 gånger så många jordskalv som under motsvarande tid registrerades i Uppsala. Störnivån på bakgrundsbruset inom det för teleseismiska signaler intressanta frekvensområdet var likvärdigt för de tre platserna och då Hagforsområdet visade sig ha avsevärda anläggningstekniska fördelar inriktades projekteringen i fortsättningen på detta område.

En detaljerad geologisk kartering av ett område norr om Hagfors utfördes av Sveriges Geologiska Undersökning på uppdrag av FOA. Det konstaterades att området består av en homogen berggrund av granit med endast mycket lokala störkroppar. Genom den östligaste delen av det aktuella området går en kraftig förkastning och där finns dessutom betydande mängder yngre bergarter. Huvudintrycket var dock att området ur geologisk synpunkt var väl lämpat för en seismologisk multipelstation.

Under september månad 1966 genomfördes en detaljerad rekognosering av de mätpunkter, som planerats att ingå i multipelstationen. Deltagande var representanter från FOA, Fortifikationsförvaltningen, V militärområdet, Sveriges Geologiska Undersökning samt markägarna Uddeholm AB och Billerud AB. Totalt utplacerades 16 mätpunkter med hänsyn tagen till topografiska och geologiska förhållanden, närhet till väg, tele- och elledningar och markägarintressen.

Under början av 1967 upprättades en temporär mätstation vid Gunnerudssåtern 1,5 mil norr om Hagfors. Laboratorie-, verkstads- och kontorslokaler inrättades i två husvagnar och ett hyrt torp. Utrustning för insamling och registrering av seismiska data på magnetband och monitorskrivare, utrustning för tidgivning, service och underhåll anskaffades och

installerades. Telefon- och högspänningsledningar drogs fram till stationen och stationen var färdig att tas i drift den 9 februari.



Figur 5: Torpet vid Gunnerudssättern 10km norr om Hagfors



Figur 6: Gunnerudssättern med omgivningar

Mätningar av kortperiodisk seismiskt brus gjordes på senvintrarna 1966 och 1967 i området mellan Hagfors i Värmland och Vansbro i Dalarna. Vid mätningarna användes tre identiska vertikala seismometrar, placerade i 6 olika trianglar med sidor från 0,5-20 km [18].

Triangelmätningar i fem olika stationstrianglar utfördes 9 februari t.o.m. 8 maj 1967 för att studera koherensen hos kortperiodiska seismiska signaler och brus. Instrumenten var

placerade i cementringar och mätdata överfördes via radiolänk. Syftet var att genom addition av givare på olika avstånd öka signalbrusförhållandet och därmed sänka detektionströskeln så att mindre händelser kunde upptäckas. Under februari 1967 registrerades vid stationen 124 jordskalv vilket var 2,2 gånger fler än vad som under samma tid registrerades i Uppsala. Detta motsvarar en detektionsgräns som ligger 0,3 magnituder lägre än för Uppsala. Den uppmätta RMS nivån på bakgrundsbruset i Hagfors i frekvensområdet 0,6-2,5 Hz var ca 1 nm d.v.s. av samma storleksordning som den stora seismologiska array-stationen LASA i Montana, USA.

En provinstallation gjordes också av en vertikal långperiodisk seismometer. För att erhålla hög tryck- och temperaturstabilitet byggdes en bunker av ca 3 m i diameter och 2,5 m hög på urberget som täcktes av 2 m morän. Den långperiodiska seismometern sattes i drift den 4 november 1967 och den lägsta uppmätta markbrusnivån under en två månaders period svarade mot en ytvågsmagnitud av 3,4 på avståndet 80°. Känsligheten motsvarade liknande anläggningar i England och USA och var mer än 10 gånger bättre än för seismologiska standardstationer. Möjligheten fanns nu att identifiera jordskalv och kärnvapenprov med hjälp av den så kallade m_b (M_s) diskriminanten d.v.s. utnyttja förhållandet mellan den uppmätta kortperiodiska magnituden (m_b) och den långperiodiska magnituden (M_s).

Kortperiodiska mätningar i borrhål utfördes också för att utröna hur signalbrusförhållandet förändrades genom att seismometern placerades på olika djup. Ett 55 m djupt hål borrades i ett utvalt skogsområde 8 km SSV Gunnerudssättern och en borrhålsseismometer med förstärkare anskaffades och installerades. En radiotelemetrianläggning ställdes till förfogande av FOA 3 för överföring av data till Gunnerudssättern. Efter en del inledande problem med tätningen av seismometerkontakten erhöles kontinuerlig registrering fr.o.m. årsskiftet 67/68.

Ett viktigt led i projekteringsarbetet var en bestämning av jordskorpanns struktur under det för multipelstationen aktuella området. Denna bestämning avsågs ske genom skjutning av två mot varandra vinkelräta ca 200 km långa i NV-SO respektive NO-SV gående refraktionsprofiler. Den 28 juni t.o.m. den 7 juli 1967 registrerades i Syssleback, Degerfors och Gunnerudssättern, som ett led i det nordiska refraktionsseismologiska samarbetet, signaler från norska och finska explosioner. Registreringar med godtagbart signalbrusförhållande erhöles från explosioner med styrka ned till 200 kg TNT på avstånd upp till 600 km.

Uppbyggnad och invigning av Hagforsobservatoriet

Riksdagen beslutade den 8 maj 1968 om en (partiell) uppbyggnad av en seismologisk mätstation i Hagfors. Målsättningen var att insamla seismologiska mätdata, göra dessa tillgängliga för internationellt datautbyte, övervaka pågående kärnvapenprov och bedriva detektionsfysikalisk forskning [10]. Under uppbyggnadsarbetet deltog förutom observatoriets personal även personal från andra sektioner och avdelningar inom FOA och lokalt rekryterad arbetskraft användes för olika typer av anläggningsarbeten. Arbetet fram t.o.m. stationens invigning bestod nästan uteslutande av installation och intrimning av mät- och registreringsutrustning i Hagfors och utvärderingsprogram för Stockholms Datacentrals IBM 360-system.

En intressant blick tillbaka i tiden ges av artikeln ”DIX MINNS” den 5 september 1991 i Nya Wermlands-Tidningen. Här beskrivs hur statsrådet Alva Myrdal invigde Hagforsobservatoriet en solig majdag 1969:



Figur 7: Mätplatsen i Stöllet april 1969

”Nästan omedelbart döptes det till ”hemlighuset” i folkmun. Från ett litet rött sommartorp med vita knutar mitt i den stora bolagsskogen kunde man för den facila kostnaden av runt tre miljoner i datorinvesteringar kolla upp alla kärnvapenprov världen över!

”Vad som kommer fram bakom de faluröda väggarna är sprängstoff i Moskva, Washington, Peking och Genève”, konstaterade en av våra stora kvällsavisor.

Statsrådet Myrdal var på sitt allra soligaste humör vid invigningen den 29 maj 1969. NWT-skrivaren minns att fru Myrdal bland annat provstampade i golvet och förtjust kunde notera en registrering på de känsliga instrumenten! Forskningsingenjör Ola Dahlman kunde också berätta att man fick instrumentutslag av skogens vilt och flyget, åska och havsbrus från Norge, t.o.m. ett vägras i Norsbron!

När statsrådet tryckt på invigningsknappen i datacentralen och en automatisk skrivare satte igång var det dags att gå husesyn både inomhus och utomhus i sällskap med många prominenta gäster, generaldirektör Torsten Magnusson, landshövding Rolf Edberg, bruksdisponent Wilhelm Ekman, kommunalborgmästare Gunnar Forsberg m.fl. Och lika förtjust blev fru Myrdal över den lummiga grönskan, fågelbord och stillheten runt det lilla torpet.

För NWT-skrivaren avslöjade hon att man inom regeringen hade goda förhoppningar om att ganska snart kunna ratificera avtalet om ickespridning av kärnvapen. Statsminister Tage Erlander hade skickat med en hälsning att en proposition var på väg. Sverige var förresten enda europeiska land som vid den här tidpunkten deltog i nedrustningsförhandlingarna i Genève. Observatoriet Gunnerudssätern såg Alva Myrdal närmast som en plikt att ställa upp med, likaså att snarast bygga ut för ytterligare fyra miljoner.”

Det digitala mätsystemet var vid invigningstillfället inte operativt, men var i kontinuerlig drift under första kvartalet 1970. Ett par veckor efter invigningen av Hagforsstationen var det dags för den transskandinaviska jordskorpeundersökningen (en del i ”Upper Mantle Project”), ett projekt som sorterar under den Internationella Unionen för Geodesi och Geofysik. Under fältoperationen, som genomfördes den 17-26 juni och som leddes från observatoriet i Hagfors,

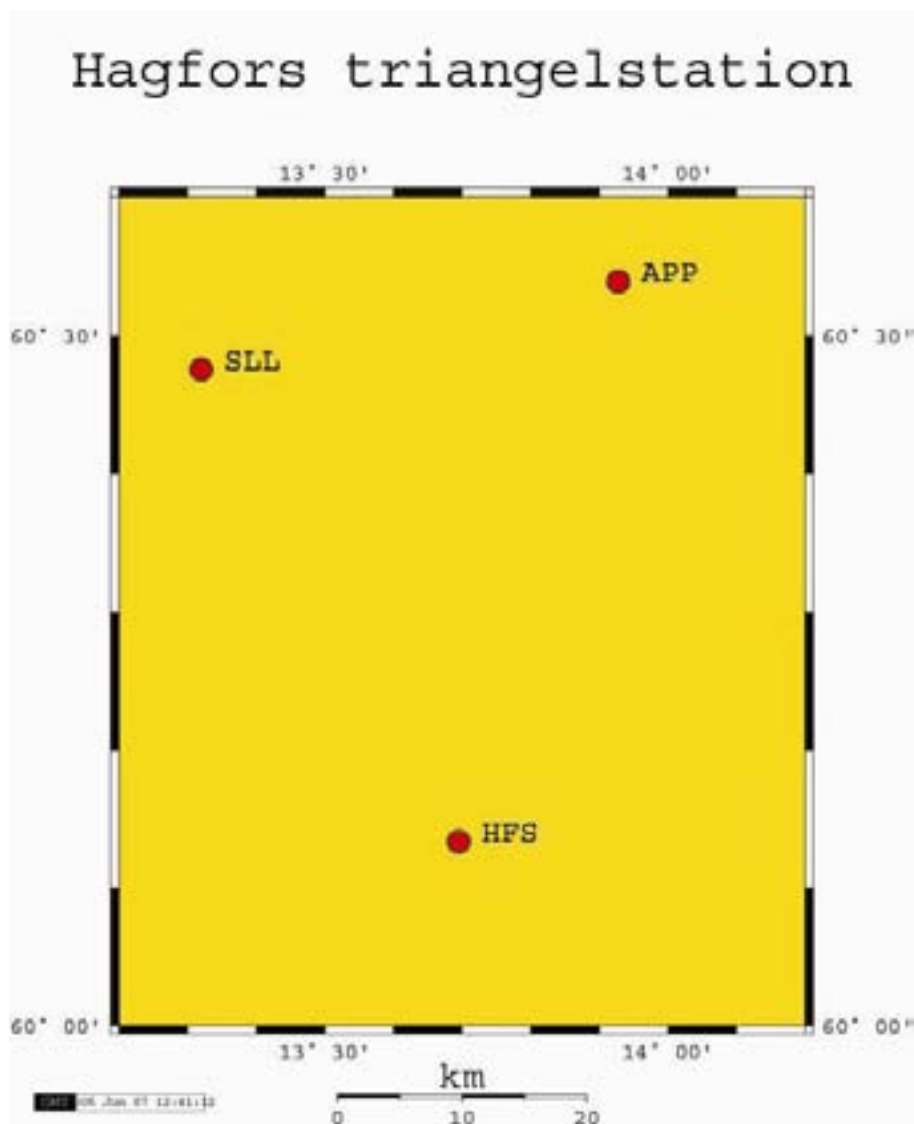
utfördes nio explosioner på sammanlagt 17000 kg TNT på fem olika platser i Finska viken, utanför Finlands västkust, utanför Öland, vid Svenska och Norska västkusten [10,13]. Något senare samma år utfördes av danska ingenjörstrupperna sprängning av två stycken 1000 kg trotylladdningar för en seismisk profil genom Jylland [14].



Figur 8: "Jordgloben är bra liten tack vare de seismologiska instrumenten konstaterade statsrådet Alva Myrdal vid FOA-invigningen 1969, flankerad av landshövding Rolf Edberg, generaldirektör Torsten Magnusson, forskningsingenjörerna Ola Dahlman och Hans Israelsson. " Bilden är publicerad med tillstånd av Nya Wermlands-Tidningen.

Den 1 juli 1969 omorganiserades verksamheten så att observatoriet blev en sektion, 478, inom FOA institution 47. Sektionen bestod av fyra akademiker, en ingenjör och två tekniker, tillsammans sju personer. Mätstationens instrumentering vid denna tidpunkt finns beskriven i FOA-rapporterna [11, 12]. Hagforsobservatoriet bestod av tre mätpunkter belägna i en triangel med ca 40 km inbördes avstånd. De preliminärt uppmätta geografiska koordinaterna var:

Gunnerudssäterna	60° 08' 01" N	13° 41' 44" Ö	265 m
Äppelbo	60° 32' 26" N	13° 55' 46" Ö	354 m
Stöllet	60° 28' 37" N	13° 19' 22" Ö	420 m



Figur 9: Hagforsobservatoriets första tre mätpunkter vid Äppelbo (APP), Stöllet (SLL) och Gunnerudssättern (Hagfors, HFS).

De två ytterstationerna Äppelbo och Stöllet var obemannade och data fördes därifrån i frekvensmodulerad form på radiolänk till den bemannade huvudstationen i Gunnerudssättern 10 km norr om Hagfors. Alla tre mätpunkter hade en vertikal kortperiodisk seismometer i ett grunt borrhål i berggrunden och en vertikal långperiodisk seismometer i en trycktät underjordisk mätbrunn på berggrunden. Vid Gunnerudssättern fanns också en detektorring bestående av fem stycken kortperiodiska vertikala seismometrar placerade i en cirkel med diametern 1 km. Signalerna förstärktes och bandpassfilterades med ett analogt filter mellan 2-5 Hz. På var och en av de fem filterade kanalerna fanns en nivåtrigger som gav en puls då signalbrusförhållandet översteg ett bestämt värde. Pulserna gick sedan till en koincidenskrets, som undersökte om pulserna från de enskilda givarna kom inom det tidsintervall som motsvarade p-vågens utbredningshastighet. För att en händelse skulle noteras av den automatiska detektorn krävdes alltså att samtliga fem kanaler hade en detektion samtidigt inom ett tidsintervall av ca 0,1 s. De seismiska signalerna från långt bort belägna jordskalv och explosioner har nämligen apparenta hastigheter (komposant parallellt med jordytan) överstigande 8 km/s jämfört med en hastighet på 3-5 km/s för närbeläget brus.

Signalerna från alla seismometrar analog-digitalomvandlades med 10 sampels per sekund för de kortperiodiska instrumenten och en gång per sekund för de långperiodiska instrumenten. Det dynamiska amplitudområdet var 14 bitar eller motsvarande 80 dB. Data och tidsinformation lagrades i Gunnerudssättern på 9 kanals IBM-kompatibla ½" digitala magnetband, med 800 bpi packningstäthet. Kort- och långperiodiska seismologiska signaler registrerades med en hastighet av 1,5 mm per sekund kontinuerligt på 14-kanalers 1" analoga IRIG standard magnetband, frekvensmodulerade vid 54 Hz centerfrekvens, med bandvidd 10 Hz och en dynamik på 40dB per kanal.

Utskrift av kortperiodiska signaler på pappersskrivare styrdes av den automatiska detektorn. Vid detektion av en händelse startade en utskrift av åtta kanaler och tidsinformation. Det analoga magnetbandet användes som data buffert och uppspelningen på skrivaren startade 11 sekunder före detektionstidpunkten. Pappershastigheten var 20 mm/s de första 65 sekunderna, sedan 2 mm/s under 160 sekunder för att därefter stanna i avvaktan på nästa detektion varvid proceduren upprepades. Ankomsttider bestämda av den automatiska detektorn och toppvärde för amplituden på den seismiska signalen runt 1 Hz skrevs ut på en skrivmaskin.

Vid Gunnerudssättern utfördes dagligen pulskalibrering av de seismiska givarna, kontroll av period och mass position för långperiodiska instrument och kontroll av lokala klockor mot tidssignaler från radio. På ytterstationerna Äppelbo och Stöllet utfördes kalibrering en gång per vecka.

Det digitala systemet bestod av en liten datamaskin Raytheon 703 med ett tillhörande 4 k minne med 16 bitars ordlängd. Övriga ingående komponenter var en multiplexor-A/D-omvandlingsenhet (Multiverter), ett kvartsur Geotech T 202 G (drift underskrider 1ms/dygn), en kontrollenhet för bandspelare, två digitala bandspelare Ampex TM-7, samt en panel för manuell tillförsel av kontrollinformation. Systemet levererades i sin helhet av Geotech, Teledyne genom Nordisk Elektronik AB. Tillsammans med systemet beställdes också ett driftprogram (MIDAS) med av FOA specificerade egenskaper. Programmet modifierades senare bl.a. för att mäta amplituden på en kortperiodisk kanal.

Flertalet system i mätstationen hade under 1969 en drifttid överstigande 95 %. Under andra halvåret 1969 registrerades totalt ca 2500 kortperiodiska signaler, i medeltal 13 per dygn. Under samma period registrerades långperiodiska signaler från ca 800 skalv, i medeltal 5 händelser per dygn.

Observatoriets detektionsförmåga studerades avseende förmågan att visuellt detektera en signal registrerad från en givare. Kortperiodiska signaler från jordskalv i avståndsintervallet 3000 – 10000 km användes. Detektionssannolikheten skattades som funktion av den av US Coast and Geodetic Survey (USCGS) bestämda P-vågsmagnituden. Händelser med P-vågsmagnituden $m_b(\text{USCGC}) = 4.7$ motsvarande en explosion av 3-10 kt i hårt berg kunde generellt med 75 % sannolikhet detekteras med hjälp av de kortperiodiska instrumenten. Känsligheten för öster ifrån kommande signaler var än bättre och explosioner motsvarande ca 1 kt i hårt berg kunde detekteras. För de långperiodiska mätningarna var förhållandet det motsatta så att detektionsförmågan var bättre för signaler som passerat via oceanisk struktur än för de som passerat kontinental struktur från öster. Känsligheten för de långperiodiska mätningarna var dock betydligt lägre än för de kortperiodiska och motsvarade ca 200 kt för signaler från väst.

Under 1969 tillkännagav the Atomic Energy Commission (AEC) att USA hade utfört 28 kärnladdningsexplosioner, varav 23 av dessa registrerades i Hagfors. De 5 som inte registrerades uppgavs av AEC ha en vapenstyrka på mindre än 20 kt och var troligen skjutna i poröst berg. Seismiska signaler från 15 händelser i Sovjetunionen registrerades under 1969 vid Hagforsstationen. Vid 7 av dessa tillfällen har AEC meddelat att man registrerat signaler från en rysk kärnladdningsexplosion. På provområdet i östra Kazakstan utfördes 10 explosioner, på ön Novaya Zemlya utfördes en explosion och de övriga fyra explosionerna ingick i det fredliga utnyttjandet av kärnladdningsexplosioner.

Produktion av seismologiska bulletiner

De två huvudprodukterna som producerades regelbundet var bulletinerna *Detector readings* och *Visual readings*. Den förstnämnda bestod av en lista med ankomsttider och amplituder för vertikala kortperiodiska seismiska signaler producerade av den automatiska detektorn i Gunnerudssåtern, som skickades en gång per dygn via teleprinter till Stockholm. Den andra bulletinen var resultatet av en manuell analys av registreringarna från monitorskrivarna där en noggrann granskning och bedömning gjordes av de signaler som den automatiska detektorn registrerat samt de långperiodiska mätdata som insamlats. Här bestämdes förutom ankomsttider, amplituder och perioder även platsen för händelsen bl.a. genom tidsdifferenser mellan mätpunkterna i triangelstationen. Styrkemått i form av magnituder angavs om möjligt också.

I Stockholm insamlades samtidigt genom internationellt datautbyte mängder av seismologiska bulletiner från hela världen. Dessa användes för att genom datorkörningar förbättra bestämningen av källparametrarna från *Visual readings* och att lokalisera jordskalv och explosioner som inte detekterats i Hagfors. Vid FOA sammanställdes ankomsttider rapporterade i dessa bulletiner till händelser, som kunde lokaliseras av ett itererande datorprogram, som kallades CREEP. Dessa beräkningar var en svensk motsvarighet till lokaliseringar som *Preliminary Determination of Epicenters* (PDE) från USA och ISC-bulletinen från England. Telexmeddelanden sändes ut då Hagforsobservatoriet registrerat en kärnvapenexplosion. Även vid större jordskalv skickades information ut till bl.a. United Nations Disaster Relief Coordinator (UNDRO). Information om utförda kärnvapenprov samlades i pärmar uppdelade på årtal och de nationer, som utfört proven.

Data på digitala magnetband inspelade vid Hagfors mätpunkter från ett urval av händelser ur *Visual readings* bearbetades på olika sätt till så kallade *Computer readings*. Dessa kunde omfatta Fouriertransformer av signaler, spektrala volym- och ytvågsmagnituder, reviderade lokaliseringar, långperiodiska chirpfilter sökningar, spektralförhållanden, komplexitet etc. De i Hagfors producerade digitala magnetbanden analyserades på det IBM 360/75 system som fanns installerat vid Stockholms Datacentral. Styrprogrammen skrevs in på hålkort med hjälp av en hålkortsstans (skrivmaskin för att skriva på hålkort). Framför dessa hålkort lades sedan styrkort med uppgift om maximalt tillåten CPU-tid, antal utskrivet material mm. Korthögen avslutades med indata och slutkort för programmet. Kortlådor med program lämnades sedan över disk vid Stockholms Datacentral där en operatör körde programmet. Resultatet fick sedan hämtas i fack bredvid disken.

Under 1969 anskaffades en bordskalkylator, Hewlett-Packard Calculator Model 9100A, med ett programmerbart minne på 196 programsteg. Denna användes främst för problem med seismologisk anknytning t.ex. lokalisering av förlopp och problem inom den sfäriska geometrin. Det fanns dessutom ett antal program för statistiska beräkningar. Den blev ett

värdefullt och flitigt använt komplement till större datorer för enklare problem som krävde en snabbare lösning.

Hagforsobservatoriet efter invigningen 1969

De geografiska koordinaterna för huvudstationen Gunnerudssättern och ytterstationerna i Stöllet och Äppelbo reviderades 1970 och mätpunkterna erhöll stationskoderna HFS, SLL och APP [19]. De nya koordinaterna var:

HFS	60° 08' 03" N	13° 41' 44" Ö
APP	60° 32' 20" N	13° 55' 41" Ö
SLL	60° 28' 32" N	13° 19' 11" Ö



Figur 10: Maskinhallen i Hagfors 10 oktober 1977.

Signaler från detekterade händelser lokaliserade till USA inklusive Alaska, Amchitka och Kurilerna och till Eurasiska kontinenten kopierades från de digitala magnetbanden från Hagfors och sparades på speciella s.k. "event band". Originalbanden sparades under tre månader, raderades därefter och skickades sedan för återanvändning till Hagfors.

Longperiodiska seismiska signaler och mikrobarografiska signaler registrerades för de tre mätstationerna kontinuerligt på papper med hastigheten 12 mm/min på 8 kanaler respektive 5 mm/s på 6 kanaler.

Driftsäkerheten för stationen ökade under 1970 och var avsevärt bättre än under 1969. Det analoga systemet fungerade helt tillfredsställande och kort- och långperiodiska signaler erhöles under mer än 99 % av året. Den lägre tillgängligheten för signaler från mätpunkten i Äppelbo orsakades av problem med radiosändaren. Omkring 200 avbrott i kraftförsörjningen orsakade en avbrottstid på 35 timmar. Dessa avbrott orsakade stora bekymmer för det digitala

insamlingssystemet eftersom magnetbandstationerna inte kunde återstarta automatiskt efter ett avbrott. Detta var huvudorsaken till att det digitala systemet var ur funktion 36 % av året. En annan orsak var problem med försenade leveranser av reservdelar.

För att undvika ytterligare störningar beställdes ett reservsystem för elkraft att sättas i drift under sommaren 1971.

Förutom den tidigare nämnda franska kärnladdningsexplosionen på Fangataufa registrerades i Hagfors 1970 både mikrobarografiska signaler och kortperiodiska seismiska signaler från den kinesiska atmosfäriska explosionen den 14 oktober 1970.

Lokaliseringar av teleseismiska händelser enbart baserat på mätning av tidsskillnader mellan koherenta signaltoppar registrerade vid de tre mätpunkterna Hagfors, Äppelbo och Stöllet jämfördes med lokaliseringar utförda vid US Coast and Geological Survey (USCGS). Omkring 300 händelser i avståndsintervallet 20 till 100 storcirkelgrader ($1^\circ = 111 \text{ km}$) analyserades. Systematiska skillnader i lokaliseringsfelen i olika regioner kunde förmodas bero på skillnader i jordskorpan och den övre mantelns struktur på mätplatsen eller strukturen vid källregionen. En liknande studie med den seismiska array-stationen i Helsingfors i Finland indikerade en liknande systematisk variation av lokaliseringsfelen som de i Hagfors.



Figur 11: Cementring med kortperiodiska seismometrar modell Geotech S13.

Som ett första steg i en undersökning av lokaliseringsförmågan av lokala händelser för Hagforsstationen användes okorrigerade ankomsttider till de tre mätpunkterna HFS, APP och SLL från explosioner utförda under den Transskandinaviska seismiska profilen 1969 och de tidigare bestämda gångtiderna för seismiska vågor i jordskorpan i Skandinavien [8]. Laddningarna var av storlek från 1000 kg till 4000 kg på avstånd från 230 till 700 km från HFS. Ett medelfel i azimut på 2° och ett medelfel i avstånd på 14 km erhöles, vilket betyder ett totalt lokaliseringsfel i storleksordning 20 km.

Under 1970 tillämpades tre olika identifieringskriterier m_b (M_S), kortperiodiskt spektralförhållande och komplexitet, på kort- och långperiodiska signaler registrerade i Hagfors från annonserade eller förmodade explosioner i Nevada och Kazakhstan och från grunda jordskalv i angränsande områden. God separation mellan jordskalv och kärnladdningsexplosioner erhöles på båda testplatserna med m_b (M_S), men regionala skillnader mellan de två explosionsplatserna kunde konstateras. De två övriga kriterierna verkade något sämre och fördelen med att använda identifieringskriterier av många slag kunde konstateras.

En studie av spektralinnehållet i teleseismiska P-vågor från jordskalv norr om Halmahera i Filippinerna visade på en signifikant ökning av höga frekvenser vid ökande fokaldjup. Det var sedan länge känt att större dimensioner på en förkastning gav lägre spektrala frekvenstoppar från jordskalvssignaler. En mindre förskjutning mot lägre frekvenser vid ökande magnitud kunde också konstateras för en jordskalvssvärm från en undervattensrygg i Californiska gulfen. Signaler inkommande från väster om HFS konstaterades innehålla relativt mindre höga frekvenser än signaler från öst.

Genom det internationella samarbetet sändes under 1970 bulletiner från Hagfors till 10 institut i USA, Väst Tyskland, Japan, Norge, Danmark, Finland och Sverige. Samtidigt erhöles bulletiner från institut och observatorier i Kanada, USA, Marocko, Japan, Norge, Danmark, Finland, Väst Tyskland och Sverige. Ett begränsat antal seismologiska registreringar av explosioner och jordskalv utbyttes också.

I samarbete med det Geofysiska Institutet vid Köpenhamns universitet testades från augusti 1970 en prototyp av en Thomas 6 komponent seismometer. Resultaten utvärderades vid Köpenhamns universitet.

Ett reservkraftssystem togs i drift under 1971 och kunde leverera 50 kVA, vilket var 50 % mer än dåvarande effektbehov. Konstruktion av en ny byggnad för mätutrustning och ett bergrum startade i november 1971. Överföringen av mätutrustningen till den nya byggnaden beräknades börja i maj 1972. Bergrummet skulle innehålla 10 trycksäkra betong instrument celler för placering av högkänsliga seismometrar, gravimetrar etc. Med undantag av mätpunkten i APP förbättrades tillförlitligheten hos systemen ytterligare jämfört med tidigare år.

Den norska seismiska arraystationen NORSAR (Norwegian Seismic Array) upprättades efter en överenskommelse mellan USA och Norge 1968. Huvudsyftet med överenskommelsen var att utveckla medel för övervakning av ett framtida provstoppsavtal. Från de första årens hängivna forskning kring seismiska arrayer har forskningen utvidgats till att innefatta andra områden som jordskalvsrisker, riskvärdering och framtagning av seismiska modeller för petroleumindustrin.

Det första nordiska detektionsseismologiska seminariet i Oslo den 20-21 november 1969, följdes upp med det andra seminariet i Hagfors 1-4 mars 1971 [27]. I Hagfors bestämdes att testa detektions- och lokaliseringsförmågan för det nordiska nätverket under september 1971. NORSAR och HFS detekterade omkring 70 % av det totala antalet av 488 detekterade ankomsttider medan det finska nätverket rapporterade omkring 40 %. Regionala skillnader kunde konstateras bl.a. lokaliserade HFS fler händelser i västra och centrala Asien medan NORSAR lokaliserade fler händelser i Japan och central Amerika.

Ett lobformningsexperiment, med långperiodiska signaler från explosioner i östra Kazakstan registrerade vid de tre mätpunkterna i HFS, APP och SLL, gjordes för att studera vinsten i signalbrusförhållande. Varje signal filtrerades först genom ett Krone-Hite filter centrerat runt periodtiden 20 sekunder och avtagande med 48dB/oktav. Signalerna tidsförsköts därefter och summerades för att erhålla ett högre SNR i mätriktning mot Semipalatinsk. Genom denna teknik kunde en signal upptäckas, som inte gick att se på en enskild mätstation.

Ett gemensamt diskrimineringsexperiment med kortperiodiska data från Hagforsobservatoriet och data från Yellowknife array i Kanada gjordes i syfte att skilja på jordskalv och explosioner. Särskiljningsförmågan ökade då data från de båda stationerna kombinerades.

Under 1971 utvecklades en algoritm för gemensam lägesbestämning (joint epicenter determination) av lokala händelser. I algoritmen beräknades samtidigt ursprungstid och korrekationer av gångtidsmodellen genom att minimera summan av gångtidsresidualernas kvadrater. Modellen innehöll också stationskorrigeringar för varje seismisk fas och en korrektionsterm proportionell mot avståndet kunde också inkluderas. Tester med algoritmen på seismiska data från Helsingfors och Uppsala från kända explosioner gav ett RMS lokaliseringsfel på 5 km.

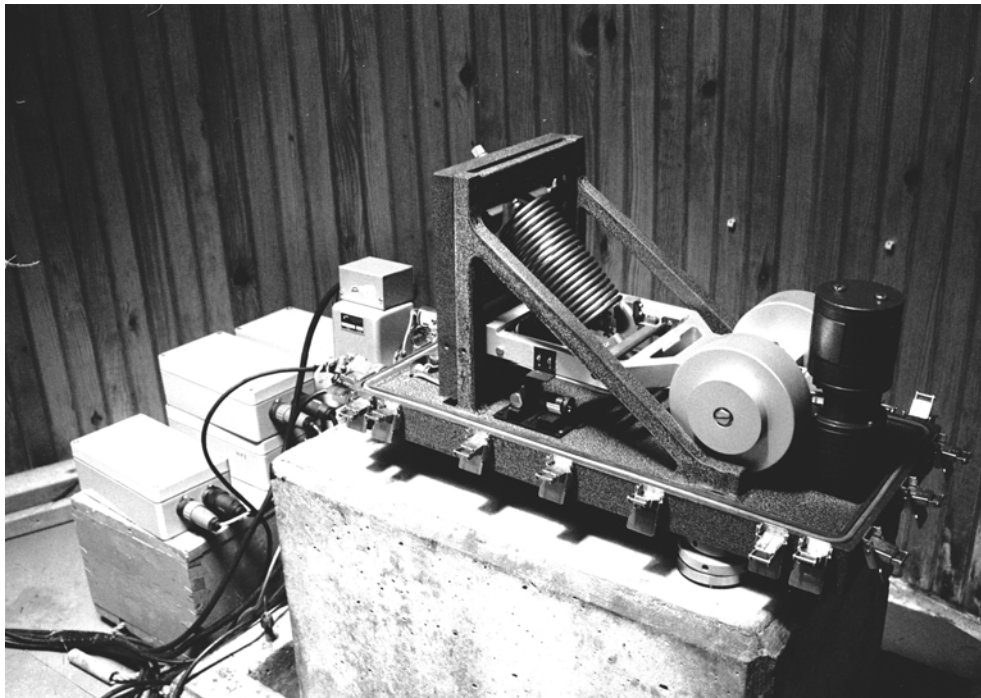
Genom det internationella samarbetet sändes under 1971 bulletiner från Hagfors till 14 institut och organisationer i 10 länder. Samtidigt mottogs bulletiner från mer än 100 stationer i 11 länder. Datautbytet motsvarade grovt 150 000 ankomsttider och amplituder per år.

Ett av de centrala problemen som ägnades avsevärda ansträngningar under 1972 var det operativa övervakningssystemet som det skulle kunna utformas i anslutning till ett fullständigt avtal mot kärnvapenprov. För att stärka det internationella samarbetet gjordes överenskommelser om samarbete med institut i Kanada och Japan. En undersökning gjordes också av regional seismicitet, fokal djup och magnituder samt diskriminering mellan explosioner och jordskalv i Sovjetunionen [22].

Konstruktionen av den nya byggnaden för registreringsutrustning i Hagfors avslutades i början av 1972 och utrustningen var överförd och installerad i den nya byggnaden under de första 6 månaderna av 1972. Det nya bergrummet för högkänsliga långperiod och bredbandsseismometrar togs i bruk under 1972 och installation av olika instrument påbörjades. Förberedande arbete för detektorer i APP och SLL påbörjades. På vardera mätplatsen skulle 5 seismometrar utplaceras på en cirkel med radien 500m. Den tekniska tillförlitligheten hos mätstationen förbättrades ytterligare något jämfört med 1971. Alla delar i systemet var nu operativa 97 % av tiden eller mer.

På grund av sekretessbestämmelser och det internationella samarbetet med utländska forskare fann man det lämpligt att i början av 70-talet flytta den seismologiska institutionen i Stockholm till Gyllenstiernsgatan utanför FOA-byggnaden. Kontorsrum inreddes i gatuplanet och i källarplanet fanns en datorhall med en PDP15 maskin. Digitala magnetband levererades i speciella bandväskor från Hagfors till Stockholm för analys.

En metod utvecklades för att bestämma den relativa variationen i överföringsegenskaper till olika seismologiska stationer och relativa olikheter mellan källfunktioner för närbelägna underjordiska kärnladdningsexplosioner [21]. Indirekt identifiering (negative evidence) studerades också i syfte att öka tillämpbarheten av m_b (M_S)-metoden [23]. En förbättring i känslighet motsvarande en halv magnitud kunde uppnås för nordamerikanska händelser registrerade vid Hagforsobservatoriet vid användning av indirekt identifiering.

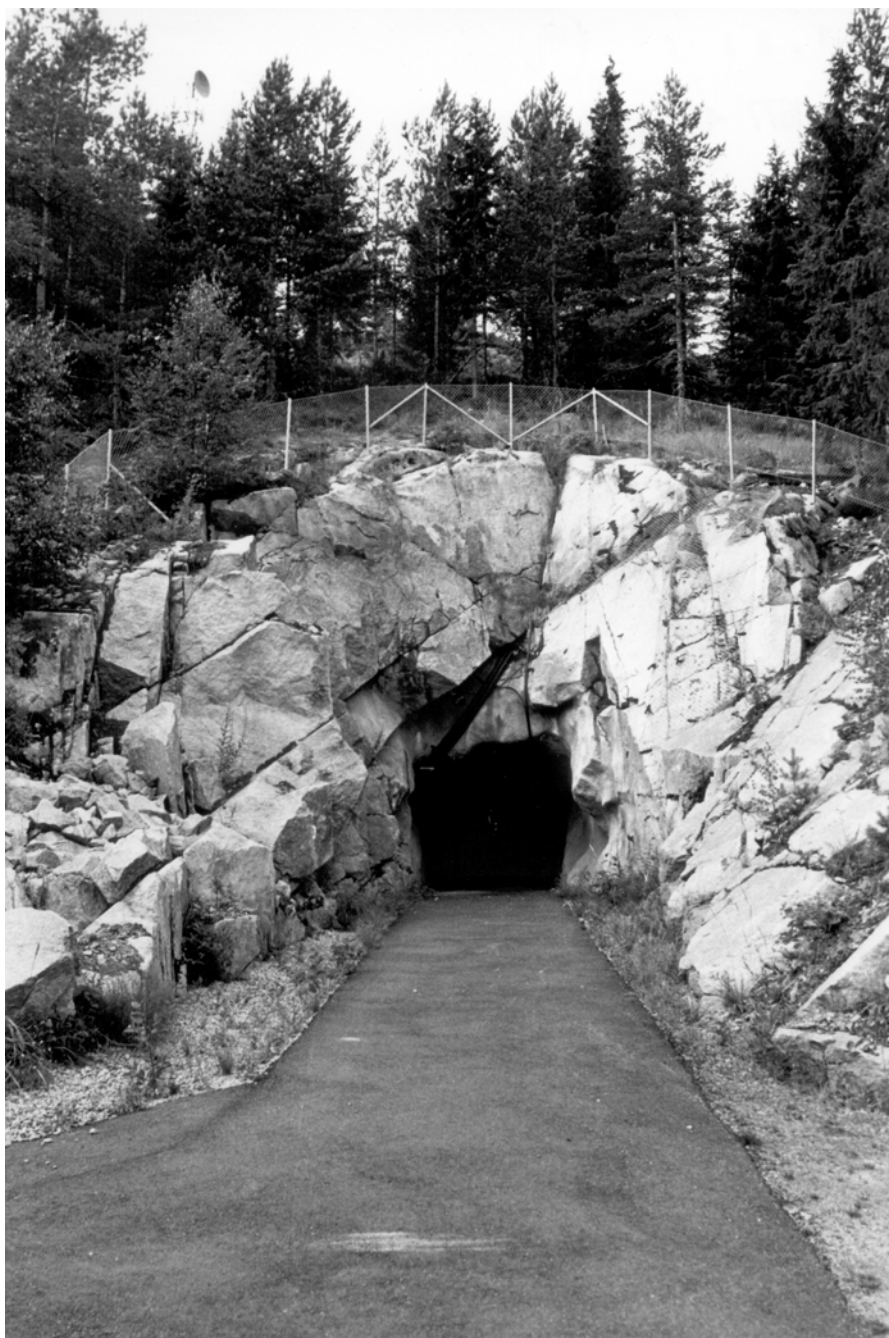


Figur 12: Långperiodisk seismometer placerad i tryck och temperaturstabil bunker.

Hagforsobservatoriet deltog 1-3 augusti 1972 i det internationella "Blue Road" projektet. Undervattensexlosioner av olika styrka och på olika djup gjordes för att studera P-vågor beroende av explosionsstyrka och registreringsavstånd. Profilen korsade Skandinavien från Umeå i Bottniska viken till Mo i Rana vid norska atlantkusten.

Den 5 augusti 1973 firades 10-årsminnet av det partiella provstoppsavtalets undertecknande i Moskva 1963. Teknisk tidskrift hade detta år en artikel om övervakning av kärnvapenprov [25]. Vid vardera mätpunkten, HFS, APP och SLL, fanns nu automatiska detektorer för amplitud- och våghastighetsdetektion. Ett ca 150 m² stort bergrum hade sprängts ca 40 m in i berget vid huvudmätpunkten (HFS) i Gunnerudssåtern 10 km norr om Hagfors. Där fanns bl. a. en rysk seismometer och en gravimeter som användes i samarbete med Rikets Allmänna Kartverk. Mätningar på signaler från de kortperiodiska seismometrarna, placerade i ca 20 m djupa borrhål, kunde göras med en upplösning av 0,1 nm. Amplituder ned till 1nm kunde detekteras. De långperiodiska mätningarnas upplösning var ca 1 nm och signaler av storleksordning 100 nm kunde under gynnsamma omständigheter detekteras.

Under 1970-talet diskuterades olika metoder att gömma kärnladdningsexlosioner så att de seismiska signalerna inte skulle upptäckas. En studie av möjligheterna att gömma signalerna från en underjordisk explosion i signalerna från ett jordskalv i samma område undersöktes [26]. Med hjälp av ett simuleringsexperiment och seismicitetsstudier beräknades antalet tillfällen per år att dölja en seismisk signal från ett kärnvapenprov från tre områden i USA och Sovjetunionen. Om laddningen i förväg placeras på en bestämd plats var tillfällena för en explosion med förväntat $m_b = 4,5$ ett eller mindre per år i de tre studerade områdena.



Figur 13: Bergrummet i Hagfors 10 oktober 1977

I början av 1970-talet utgavs också en serie "EVENT REPORT", som innehöll digitala kort- och långperiodiska signaler och spektra. Den första i serien visade signaler från kärnladdningsexplosionen "Cannikin" 6 november, 1971 [28]. En sammanställning av digitala signaler registrerade i Hagfors från kärnladdningsexplosioner under 1976 och spektra från dessa utgavs också som rapport [29].

En ny mätpunkt i Torsby (TBY) tillfördes Hagforsobservatoriet under 1976 för att förbättra lokaliseringar beräknade från tidsskillnader mellan ankomsttider för seismiska vågor till de olika mätpunkterna.

En granskning av bakgrunden till provstoppsförhandlingarna och metoder för övervakning av kärnvapenprov presenterades i en bok 1977 [30]. Avsikten med boken var att beskriva problematiken inte bara för seismiska experter utan också för politiker och lekmän. Även om avsikten var att ge en bred presentation var mycket av materialet taget från forskningen vid FOA och data från den seismologiska stationen i Hagfors.

Våren 1977 antogs den s.k. villkorslagen (avskaffad 1984), enligt vilken ingen ny kärnreaktor fick tas i drift utan att elproduktionsbolagen presenterat en säker metod för hantering och förvaring av det utbrända kärnbränslet. I ett projekt finansierat av Svenska Kärnkraftsinspektionen (SKI) byggdes det vid FOA upp ett nät av seismiska stationer för studier av svenska jordskalv i syfte att bedöma riskerna för skador på svenska kärnkraftverk [31, 32].

Vid denna tid flyttades institutionen för seismologi i Stockholm från Gyllenstierngatan till lokaler i anslutning till övriga FOA, men med egen ingång från Karlavägen.

I nätet ingick vid denna tidpunkt förutom de fyra mätpunkterna HFS, APP, SLL och TBY vid Hagforsobservatoriet, ytterligare 17 mätpunkter i södra och mellersta Sverige samt tre mätpunkter i Danmark. Stationerna var utrustade med en s.k. "gain-ranging" förstärkare (utvecklade av Paul Mitlid vid FOA) med ett dynamiskt omfång av 140 dB. Frekvensmodulerade signaler och förstärkningsfaktorer sändes kontinuerligt till Stockholm på fasta telefonlinjer och de analoga signalerna digitaliserades av centraldatorn (PDP 11/34) med en samplingsfrekvens av 60 Hz. De analoga signalerna från varje station bandpassfilterades också mellan 5-15 Hz och kördes genom automatiska detektorer. Detekterade händelser sparades på magnetband. Data från dessa band skrevs sedan ut på en VERSATEC-skrivare ansluten till en PDP11/60 dator. De utskrivna signalerna analyserades rutinmässigt visuellt under mätperioden december 1979 - december 1981.

Ett nytt datainsamlingssystem, "Hagfors Automated Seismic Processor" (HASP), sattes i drift i januari 1980. Signalerna omvandlades i Hagfors med en PDP-11/10 processor från analog till digital form. Kortperiodiska händelser och kontinuerliga långperiodiska signaler från de fyra ingående stationerna i Hagforsobservatoriet fördes med DECNET över en (9600 bit/s) telefonledning till Stockholm. Data samlades där in med en PDP 11/34 vid "The Swedish Seismological Analysis Center" (SWESAC) och lades ut på magnetband (800 bpi) för off-line analys. En daglig Hagfors bulletin sändes till ett stort antal institut t.ex. genom användning av det meteorologiska nätverket (the World Meteorological Organisation Global Telecommunication System, WMO/GTS).



Figur 14: "The Swedish Seismological Analysis Center" (SWESAC) i Stockholm

I början av 80-talet utgav Jörgen Pihl och Gunnel Barkeby på FOA en informationsskrift (SWESACbulletinen) där man kunde dela med sig av allehanda tips om datorer, program mm. Det första numret innehöll också en dikt av Karl-Erik Strandberg angående kommande förändringar i Hagfors, tillfälliga datorproblem och den dagliga analysen av seismogram:

Årsrapport för 1980 från Hagfors

”När vi nu snart ska skriva, året 81
då tänker vi tillbaka, så mycket dumt som skett.
Det hänt en massa saker, som vi ej kan förstå
och fortsätter tendensen, så blir vi snart blott två.

I början utav året, då var vi alltid fem,
sen flyttade vår hövding, han ville komma hem.
Vi ville ha en ny man, men då sa Ola stopp!
(Han bjöd dock på en morot, trots allmänt lönestopp)

Sen gick det några veckor, då hände nästa grej –
att Bergkvist skulle flytta, han var en grupp för sig.
Han måste ju till Stockholm, där överheten satt,
fast jobbet var i Hagfors. Vi trodde dom fått fnatt.

Det var en gång i tiden, när alltid först vi var,
Att rapportera smällar, på mornar alla dar.
Sen flyttade ju Bergkvist, då upphörde det där.
Nu får vi ofta höra, att alltid sist vi är.

Och våran nya dator, vad den nu kom ifrån,
som skulle göra jobbet, den står där som ett fån.
Den stör ju inte mycket, och ser ej illa ut.
Vi får nog den behålla, för den slits aldrig ut.

Med hjälp av telefaxen, så hankar det och går.
O Bergkvist måste ringa, o Åhs han svara får.
Nu sitter dom där båda o snackar på en tråd,
för världen måste veta, hur bra det hela går.

Dom rullar som ju avgör, om världen skakat har,
Dem klipper Åhs i bitar, så gott som alla dar,
och staplar dom i faxen, som sväljer allt han får.
Sen hamnar det hos Bergkvist, den ända som förstår.

När allting sen är kollat, o kört båd hit o dit
Då måste rullen lagas, o tejpas bit för bit.
Sen återstår det bara, att slå in ilpaket,
det är ju alltid bråttom, som säkert alla vet.”

Detta år utfördes ett första experiment med datautbyte via WMO/GTS med 13 deltagande länder. Parallellt med den detektionsseismologiska forskningen, driften av Hagfors och det tidigare nämnda SKI-projektet utfördes under 1980 en studie av sprickor i kristallint berg nära Kråkemåla i sydöstra Sverige. Seismiska signaler genererades i ett borrhål och registrerades på olika djup i ett annat borrhål. Ett tomografiskt program användes vid analys av mätdata. En modifierad reflektionsmetod tänkt att användas vid marin seismisk prospektering testades samtidigt vid FOA. Ett rörligt system för registrering och analys av seismiska signaler (MOSES, Mobile Seismic System) baserat på en Digital Equipment PDP-11/34 maskin införskaffades också.

Under 1981 beslöt man, av ekonomiska skäl, att Hagforsstationen från den 1 januari 1983 skulle drivas helt obemannad [33]. För att möjliggöra detta beslöt man att bygga om och förnya delar av utrustningen. Nya seismometerförstärkare och anti-aliasing filter skulle installeras vid alla mätpunkter. De frekvensmodulerade radiolänkarna mellan Hagfors och ytterstationerna skulle bytas ut mot pulskodmodulerade länkar (12 bit/16 kanaler). Detta innebar dock fortsatt användning av existerande sändare och mottagare. Ett system skulle införas för kalibrering och kontroll från SWESAC i Stockholm av hela mätstationen i Hagfors. Kalibreringsfunktionen bestod av:

1. Frekvenskalibrering av kort- och långperiodiska seismometrar
2. Positionering av massa och justering av resonansfrekvens för långperiodiska seismometrar
3. Kalibrering av mikrobarograf

Det andra experimentet med utbyte av seismiska data över WMO/GTS gjordes från den 2 november till den 11 december 1981 med 20 deltagande länder. Ibland dessa 20 fanns alla de 13 nationer, som deltog i det första försöket 1980.

Under 1982 påbörjades utvecklingen av systemet för fjärrkalibrering [35]. Den färdiga produkten beställdes av CAT ingenjörsfirma i Stockholm. Både nya förstärkare, anti-

aliasingfilter och utrustningen för PCM-länkarna beställdes från John & Reilhofer. PCM-länkarna levererades och testades det här året, men den övriga beställda utrustningen hade leveransdatum först året därpå. Den gamla PDP-15 datorn, som användes för forskning och teoretiska beräkningar, fasades ut för att ersättas av en VAX 11/750 från Digital Equipment. Årets internationella experiment gjordes dels för att testa WMO/GTS överföringen av långperiodiska "Level II" data och dels för de olika procedurerna för Internationella Data Center (IDC). Experimentet startade den 25 oktober med Australien, Japan, Storbritannien, Sverige och USA som deltagande nationer.

Hagforsobservatoriet efter automatisering 1983

Mätningarna från Hagfors, Äppelbo, Stöllet och Torsby överfördes till 11/34: an på SWESAC som tidigare [36]. Från maj 1983 drevs stationen helt obemannad. De nya PCM-länkarna var i drift och nya förstärkare installerades på alla mätplatser. Det nya systemet för fjärrkalibrering RASC (Remote Automatic Seismic Calibration System) installerades och testades via en modemförbindelse till Hagfors. RASC bestod av en central värddator på SWESAC och slavadatorer vid HFS, SLL och APP.



Figur 15: Karl-Erik Strandberg avtackas vid pensionering. Från vänster Karl-Erik med fru, Nils-Olov Bergkvist och Ola Dahlman.

Nu påbörjades också ett nytt analysförfarande i Stockholm baserat på interaktiv analys på en grafisk bildskärm (Tektronix 4114). Tidigare hade den dagliga analysen av HFS, APP, SLL och TBY uteslutande baserats på pappersregistreringar. Den nya VAX 11/750 datorn för forskning och analys var i full drift under året. Programpaketet "Interactive Laboratory System" (ILS) installerades på VAXen och interaktiv signalanalys kunde köras från Tektronix terminal eller PT-100 med selanarkort. ILS ersattes snart med ett av Peder Johansson vid FOA utvecklat system speciellt anpassat för den seismologiska analysen.



Figur 16: Analys av seismiska signaler på Tektronix-skärmen. Från vänster Per-Åke Jansson, Matts Gustavsson, Leif Nordgren, Peder Johansson och Nils-Olov Bergkvist.

Mätningar och analys av lokala jordskalv i Sverige fortsatte under året med Statens Kärnkraftsinspektion (SKI) och Nämnden för hantering av använt kärnbränsle (NAK) som uppdragsgivare [34]. Ett antal olika försök inom seismisk prospektering (bl.a. vid Gideå nära Örnsköldsvik) utfördes under året. FOA var ansvarig för de seismiska korshålmätningarna i "Stripa" projektet. Insamling av seismiska signaler från hjul- och bandfordon gjordes också i syfte att studera seismiska system för övervakning av fordon i fält.

Under 1984 inriktades arbetet på ett aktivt deltagande i det internationella experiment som organiserats av den vetenskapliga expertgruppen vid nedrustningskonferensen i Genève och som genomfördes under hösten 1984 med deltagare från 32 länder [37]. Studier påbörjades vad gäller verifikation av säkerhetsskapande åtgärder och nedrustning i Europa.

Följande år utfördes omfattande analys av data framkomna vid fjolårets datacenterexperiment (GSETT) [38]. På utrikesdepartementets vägnar arrangerade FOA ett symposium om nedrustningsverifikation. Symposiet hölls den 19-22 augusti 1985 med 43 deltagare från 13 länder. Inom områdena detektionsseismologi, lokal seismicitet och seismisk prospektering pågick fortsatt forskning.

Planering påbörjades 1986 för en modernisering av Hagforsstationen och UD beslöt att öka finansieringen för kommande två år [39]. Nya system för insamling av data skulle installeras vid varje mätstation, signalerna skulle digitaliseras på plats och efter detektion överföras direkt till datacentrum i Stockholm. Systemet skulle klara kontinuerlig registrering över en kanal.

Ett nytt datainsamlingssystem utvecklades för Hagforsobservatoriet baserat på en PDP-11/83 dator med ett primärminne på 0,5 MB och en 60 MB Winchester hårddisk. Systemet kunde använda detektorer i hårdvara. Fyra seismologiska stationer från det tidigare lokala SKI-

nätverket Granbergsdal (GBD), Horndal (HRN), Katrineberg (KTB) och Värmlands Nysäter (VNY) inkluderades i HASP. Under 1986 startades också SIL (South Iceland Lowland) projektet ett nordiskt samarbetsprojekt i syfte att skapa ett varningssystem för jordskalv i det relativt tätbefolkade och seismiskt aktiva området mellan Reykjavik och Hekla. [42]

Beslut fattades under året i Genève om att genomföra ett internationellt experiment, på frivillig basis, som omfattade upprättandet av ett experimentellt globalt seismiskt nätverk. Data från detta nätverk skulle analyseras vid fyra Internationella Data Center varav ett i Stockholm. Den 4 februari 1986 skrotades en stor kran, som användes vid skeppsbyggnad, i Uddevalla. Seismiska vågor (P,S och R_g) observerades vid stationen Hedekas (HED) i det lokala SKI- nätverket belägen 39 km från kranen. En utökning av studierna av lokala jordskalv planerades för 1987 och ett andra regionalt seismiskt nätverk var under uppbyggnad i norra Sverige. Forskningen om seismiska sensorers användbarhet för internationella kontrollarrangemang i militära sammanhang fortsatte.



Figur 17: Matts Gustavsson visar upp Hagfors instrumentering för Monica Hammarström. Suzanna Bähler tittar intresserat på.

Verksamhet bedrevs under 1987 liksom tidigare inom detektionsseismologi, lokal seismicitet och seismisk prospektering [40]. En sammanslagning genomfördes av institutionen för hydroakustik och institutionen för seismologi vid Försvarets Forskningsanstalt (FOA). En ansenlig ökning av antalet under året utförda kärnvapenprov kunde noteras beroende på att det tidigare införda Sovjetiska moratoriet upphörde. En undersökning av SKI-stationernas detektionsförmåga för förmodade kärnladdningsexplosioner i Sovjetunionen presenterades i en rapport [43]. Under perioden 1 april 1987 – 30 november 1988 insamlades och analyserades mätdata från jordskalv i södra Sverige med finansiering från Svensk Kärnbränslehantering AB [49].

Det lokala nätverket i norra Sverige, omfattande sex mätplatser, var nu i drift. Planer för en ny array station i Västerbotten drogs upp och några platser skulle undersökas under nästa år för att hitta en lämplig plats med lågt bakgrundsbrus.

Studier av brus och signaler från Hagfors array för array konfigurationsdesign utfördes under året. Speciellt visades att bruskorrelationen vid Hagfors, som funktion av avstånd, var snarlik den vid norska NORESS och finska FINESA stationerna. Vid undersökning av regionala diskriminanter visade det sig att högfrekvensdelen av kvoten mellan S och P var en god diskriminant mellan (kemiska) explosioner och jordskalv.

Under 1987 startade Grekland och Sverige ett gemensamt projekt som en del i det sk Sex-nationes-initiativet. Syftet med projektet var att etablera en seismisk arraystation i Grekland. Dr. Elisabeth Dologlou och Dr. Vasilius Kalitas besökte FOA i april 1987 för att diskutera om våra erfarenheter inom området och en första specifikation drogs upp för ett system i Grekland. Ett arbetsmöte rörande tolkning av seismiska data hölls i november 1987 med deltagare från tre av de sex nationerna ingående i Sex-nations-initiativet.



Figur 18: Besök från Grekland den 6 november 1987 i sammanträdeslokalen på Karlavägen. Svenska seismologigruppen här representerad av Birgitta Linnanheimo, Nils-Olov Bergkvist, Matts Gustavsson, Leif Nordgren, Sven Ivansson och Suzanna Bähler.

I januari 1988 installerades en ny stationsklocka (Rohde & Schwartz) i Hagfors [41]. Den kom att leverera tidkod till det nya insamlingssystemet PDP 11/83. Kalibrering av alla instrument utfördes vid HFS och SLL. I februari hämtades PDP 11/83 till Hagfors för test. Under maj månad förstördes inbrotts- och brandalarm av blixten. Brandlarmet reparerades och ett nytt inbrottslarm installerades. Kallibrering utfördes av alla instrument i APP. Inga data från Hagfors under två dagar pga ett skadat modem. SLL ur funktion efter att blixten träffat telemetrisändaren.



Figur 19: Utsikt över skogen från sändarmasten i Stöllet. Fotografens sko synes något till vänster och nedanför bildens mitt.

I augusti förstördes sändaren i SLL av blixten igen. Under september månad byttes alla åskskydd till nya effektivare vid SLL och HFS. En mätbrunn i HFS modifierades efter översvämning. Kalibrering av alla instrument utfördes vid HFS. Under oktober månad byttes åskskydden vid APP och instrumenteringen flyttades till ett nytt skjul. Stationerna Basthult (BHU), Granbergsdal (GBD), Värmlands Nysäter (VNY) och Virserum (VUM) i det tidigare lokala SKI-nätverket, togs permanent ur drift. I december var det nya insamlingssystemet PDP 11/83 i drift och SKI-stationen Stånga SGA togs permanent ur drift.

Alla kortperiodiska instrument konstaterades vara i god kondition efter 20 års verksamhet, men de långperiodiska instrumenten planerades att ersättas med bredbandsinstrument. Redan nu påbörjades en större renovering av hela stationen. De fjärrstyrda digitaliseringsenheterna var de viktigaste delarna i det nya Hagforssystemet. I dessa förstärktes, filtrerades och digitaliserades först signalerna från seismometrarna och därefter filtrerades och omsamplades data. Processorerna vid ytterstationerna utförde detektion, förberedde listor på seismiska händelser och extraherade automatiskt utvalda parametrar från händelsen. Alla på detta sätt förbehandlade data sändes sedan till det nationella datacentret (NDC) på SWESAC i Stockholm.

Det nya datainsamlingssystemet från Nanometrics Inc. planerades att inkludera digitizers av typ RD3, med en 16 bitars A/D-omvandlare och en samplingsfrekvens av 40 Hz för de kortperiodiska instrumenten. Gainranging skulle öka det dynamiska omfånget till 136 dB. För bredbandssignalerna skulle en högupplösande digitizer installeras och sampling göras vid frekvens 40 Hz. En högfrekvens kanal samplad vid 120 Hz och med 24 bitar skulle också installeras. Vid varje ytterstation skulle finnas en PC 386 med OS/2 dit data från digitizers sänds via kabel. Datasegment som innehöll detekterade event skulle sändas till NDC i Stockholm.

Under våren 1988 startade rekognoseringen efter en lämplig plats för den nya array-stationen i Västerbotten [44]. En lämplig plats hittades 4 km nordöst om Malå. Platsen var inte störd av industrier eller andra kulturella aktiviteter, som kunde försämra signalbrusföhältnaden.

Den 27 september 1989 firades, i samband med det Nordiska seminariet, Hagforsstationens 20-årsjubileum i närvaro av bl.a nedrustningsambassadör Maj-Britt Theorin.

Den nya arrayen i Malå (NSD) installerades 1990 med den nya typen av utrustning från Nanometrics. Under perioden 1990-1991 installerades också det nya systemet i Hagfors. Varje ytterstation arbetade oberoende av varandra med separata klockor, digitalisering utfördes direkt vid seismometern och all kommunikation var direkt till det Nationella Datacentret (NDC) i Stockholm. En fullt synkroniserad array erhöles genom att distribuera tidsangivelse till alla digitaliseringsenheter varje sekund vilket gav ett maximalt synkroniseringsfel på 0.1 ms. För en mer detaljerad beskrivning se Seismology 1989-1992 sid 20-25 [42]. Förutom HFS, APO, SLL och NSD (Näsudden) samlades data in från 4 SKI-stationer Katrineberg (KTB), Horndal (HRN), Nyköping (NYK) och Vimmerby (VIM).



Figur 20: Hagfors huvudbyggnad med maskinhall till höger och mast för länkning av data från ytterpunkterna APO och SLL.

Mellan 1987-1991 utvecklade FOA en prototyp till en Internationell Datacentral med vilken Sverige deltog på ett framgångsrikt sätt i det globala fullskaleexperimentet (GSETT-2) som genomfördes 1989-1991 på uppdrag av Nedrustningskonferensen med huvudfasen under 2 månader, våren 1991. I experimentet deltog 34 länder med data från 60 seismologiska stationer varav 4 länder (Australien, Sverige, Sovjetunionen och USA) dessutom deltog med Internationella Datacentraler. Den seismologiska forskningen fick under dessa år stå tillbaka till förmån för utvecklingen av ett svenskt IDC, men två områden av speciellt intresse studerades dock.

- referenseventanalys för att förbättra lokaliseringsförmågan och för att upptäcka svaga seismiska händelser
- djupbestämning med hjälp av vågformer från ett globalt stationsnätverk

Den 8 juni 1994 började data överföras på en fast ledning från Hagfors till NORSAR i Norge. Från ytterpunkterna skickades de med 40 Hz digitaliserade signalerna från S13 seismometrarna över kabel till huvudstationen HFS vid Gunnerudssättern där en STS-1 seismometer också fanns i berggrummet. På huvudstationen fanns en mikroprocessor (NORAC) som tog emot mätdata och skickade den vidare till Norge. Under 1995 började data istället sändas över VSAT satellit länk till Norge.

En ny array station i Hagfors

Den seismiska arraystationen i Hagfors har utsetts som en av de seismiska stationerna (AS101) i det internationella övervakningssystemet (IMS) som skall upprättas under det omfattande avtalet om förbud mot kärnvapenprov (CTBT). En primär IMS-station sänder kontinuerliga data i nära realtid, medan en auxiliary (hjälpande) station sänder segmenterade data när IDC begär det. Hagfors är en s.k. auxiliary station, men stationen har också utvalts som ersättare för primära stationer i Europa och västra Asien.

Med anledning av den gamla infrastrukturen och den inhomogena instrumenteringen beslöt man efter överenskommelse mellan FOI (tidigare FOA) och CTBTO i december 2000 om en större uppgradering av stationen inklusive en ny array konfiguration [45]. Den nya seismiska array stationen består av 9 mätpunkter bestyckade med GS-13 vertikala kortperiodiska seismometrar och en mätpunkt bestyckad med en STS-2 trekomponent bredbandig seismometer. De olika mätpunkternas position visas på kartan i figur 16. Hagfors huvudbyggnad är fortfarande belägen vid Gunnerudssättern i kartans nedre högra hörn.

Efter en inledande period av planering startade fältarbetet i april 2001. Trots förseningar orsakade av defekt utrustning kunde nästan hela installationen av den nya arrayen, inklusive datainsamlingssystemet, avslutas i slutet av augusti endast en vecka efter planen. Stationsbyggnaden upprustades också ut- och invändigt till en högre standard med möjlighet till övernattnings för ett antal personer.

Den 24 augusti 2001 sändes de första datamängderna från den nya array stationen i Hagfors till Wien via en ny direkt satellitlänk. I januari 2002 installerades ett nytt kraftaggregat med avbrottsskydd (Uninterrupted Power Supply, UPS). Installationen av hårdvaran var färdig i början av april 2002 då förstärkarna mellan seismometer och digitaliseringsenhet var installerade vid varje mätplats.

Från slutet av augusti 2001 var den nya Hagfors arrayen i kontinuerlig drift för att vinna kunskap om tillförlitlighet och underhåll av utrustning, kvalitet på data (spikar, avbrott), tillgång på data och den individuella tidsinställningen vid varje mätplats från GPS nätverket. Sådan erfarenhet var nödvändig för att se till att stationen uppfyllde ställda krav för det internationella övervakningssystemet IMS eller om någon hård- eller mjukvara behövde bytas ut eller uppgraderas före certifiering.



Figur 21: Den nya Hagfors-arrayen, de inre punkterna A0-A3 och de yttre punkterna B1-B5 är bestyckade med GS-13 vertikala kort-periodiska seismometrar. Mätpunkten C2 vid Gunnerudsåtern är bestyckad med en STS-2 Streckheisen trekomponent bredbands-seismometer.

De erfarenheter som gjordes under testperioden krävde en uppgradering, som utfördes av representanter från både CTBTO och Nanometrics (CTBTO leverantör av utrustning) under den första veckan i december 2002.

Mer än 10 olika företag och organisationer var direkt inblandade i uppgraderingsprocessen av den nya Hagfors array stationen. Arbetet utfördes i nära samarbete med NORRAR, som levererade och installerade delar av utrustningen. Huvuddelarna av datainsamlingssystemet levererades av Nanometrics, som också medverkade på plats med installationen.

De underjordiska mätbrunnarna för seismometrarna skulle konstrueras av slitstark polyetylen som köptes in från Uponor AB, Fristad, Sweden. Topografin vid C5 gjorde att man beslöt att göra C5 till en borrhålsinstallation. Fibreroptisk kabel köptes från Ericsson Cables AB och nätkabel från Nexans IKO Sweden AB.



Figur 22: Nedgrävning av Uponor polyetylen mätbrunn övervakas av Malin Lennartsson och Björn Lund. Resultatet dokumenteras av representant från NCC.

Förberedelsearbetet på mätpunkterna gjordes av Nordic Construction Company (NCC), Karlstad, Sweden [46]. Uppgiften att lägga ned fiberoptisk kabel och nätkabel inom den nya arrayen utfördes av Swedia Networks AB, Karlstad, Sweden. En renovering av hus och tillbyggd maskinhall utfördes av Byggservice i Geijersholm AB. Inbrottslarm och brandlarm sågs över. Fönster och dörrar anslöts till alarmsystemet och en ny vägg, som motstår brand under 30 minuter, byggdes mellan huvudbyggnad och maskinhall. Fasaden på den gamla huvudbyggnaden ersattes med nya traditionellt rödmålade brädor. En ny varmvattenberedare och luftkonditionering installerades. Övre våningen i byggnaden renoverades med nya golv, tapeter och färg. Kontorsrummen på övervåningen inreddes till två sovrum med plats för tre nattgäster. Ett ventilerat rum för UPS batteri packar har också byggts i tillbyggnaden. En del av tillbyggnaden gjordes om till verkstad med hyllor och skåp för utrustning.

Äganderätten till egendomen vid Gunnerudssåtern förvärvades av Fortifikationsförvaltningen den 1 oktober 2001 [47]. Lagfarten beräknades utges i juli 2002 efter att egendomen styckats upp. För att garantera tillgång till mätpunkterna, som ligger utanför egendomen, har omgivande egendomar belastats med servitut.

Den nya Hagfors stationen certifierades den 17 december 2002. Den gamla array stationen stängdes den 22 september 2003. Den slutliga rapporten till CTBTO presenterades i november 2004 [48]. Mer detaljer om den nya array stationen i Hagfors ges i [45, 46, 47, 48].



Figur 23: Den nya maskinhallen i Hagfors.

Referenser

- [1] *Nationalencyklopedin*
- [2] Zander I, Araskog R, *Kärnladdningsexplosioner 1945-1972 grunddata*,
FOA 4 Rapport A 4505-A1 April 1973
- [3] Bergkvist N.O., Ferm R., *Nuclear Explosions 1945-1998*,
FOA-R- -00-01572-180- -SE July 2000 ISSN 1104-9154
- [4] Båth Marcus, *Introduction to Seismology*,
Birkhäuser Verlag Basel, Boston, Stuttgart 1979, ISBN 3-7643-0956-3
- [5] Kågesten K.E., *Plan för seismiska sprängningar 1960*,
FOA 4 Rapport C 4114-4721 Juni 1960
- [6] Araskog R, Edin K, Ekman S.R., Kågesten K.E., *Seismiska sprängningar juli 1960*,
FOA 4 Rapport A 4168-4721 November 1960
- [7] Wägner H, *Redogörelse för en mikrobarograf med mätområdet 0,1-500 μ B*
FOA 4 Rapport A4252-4721 Juli 1962
- [8] Dahlman O, *On scandinavian crustal traveltimes*,
FOA 4 Rapport C 4295-23 April 1967
- [9] Dahlman O, *Resultat från projekteringsarbetet i Dalarna och Värmland för en
seismologisk multipelstation 1.1.1966-31.12.1967*,
FOA 4 Rapport A 4496-20 Mars 1968
- [10] Dahlman O, *Hagforsobservatoriet 1969*,
FOA 4 Rapport A 4497-26 Juli 1970
- [11] Ericsson U, *Hagfors Seismological Observatory in Sweden*,
FOA 4 C 4400-20, September 1969
- [12] Kogeus K, *Systemet för A/D-omvandling och digital registrering vid FOA:s
observatorium i Hagfors*,
FOA 4 Rapport 4397-20, Augusti 1969
- [13] Edin K, Axelsson H, *Undervattenssprängningar i Östersjön och Skagerack 1969 för
seismologiska mätningar*,
FOA 4 Rapport C 4423-26, April 1970
- [14] Axelsson H, *Reserapport. Seismiska sprängningar på Jylland 21-23 Sept 1969*,
FOA 4 Rapport C 4408-26, Januari 1970
- [15] Edin K, Axelsson H, *Luftstötstågsdata för Kärnladdningsexplosioner*,
FOA 4 Rapport C 4424-26, Maj 1970

- [16] Dahlman O, Axelsson H, Edin K, *Charge mass and elevation influence on seismic waves from small chemical explosions above ground*,
FOA 4 Rapport C 4375-26 Oktober 1968
- [17] Dahlman O, Israelson H, Wägner H, *Ground motion and atmospheric pressure waves from nuclear explosions in the Polynesian test area recorded in Sweden 1970*,
FOA 4 Rapport C4461-26, Maj 1971
- [18] Dahlman O, *Short period seismic noise in western central Sweden*,
FOA 4 Rapport C 4388-20, Mars 1969
- [19] Dahlman et.al., *Hagfors Observatory 1970, Annual Report*,
FOA 4 Rapport A 4501-26, Juni 1971
- [20] Dahlman O, *Trots den nya världsordningen kan Sverigefortfarande spela en viktig roll. Så var det att förhandla. Tre kvinnor satte Sverige på nedrustningskartan. Myrdal-Thorsson-Theorin*
FOA-tidningen 1996:5/6:12-13, Avd: 3
- [21] Dahlman O, *Seismic source and transmission functions from underground nuclear explosions with known yields at Nevada Test Site*,
FOA 4 Rapport C 4545-A1, Juni 1973
- [22] Austegard Atle, *Seismic events in the USSR in 1972*,
FOA Rapport C 20018-T1, November 1974
- [23] Elvers Eva, *Seismic event identification by negative evidence*,
FOA 4 Rapport C 4564-A1, Februari 1974
- [24] Dahlman O, *Diskussion av tröskelavtalet mellan USA och Sovjetunionen om begränsning av underjordiska kärnvapenprov*,
FOA Rapport C 20019-T1, November 1974
- [25] Dahlman O, *Särtryck ur TEKNISK TIDSKRIFT 1973:16*
- [26] Jeppsson Ingvar, *Evasion by hiding in earthquake*,
FOA Rapport C20043-T1, Mars 1975
- [27] Dahlman O, *Report from the 2nd Nordic seminar on detection seismology Hagfors March 1-4, 1971*
FOA 4 Rapport C 4462-26, Maj 1971
- [28] Hörnström Gunnel, Lindh Bryant, *Event report No. 1, U.S. Nuclear Explosion, Cannikin November 6 1971*
FOA 4 Report No. C4486-A1, March 1972
- [29] Nedgård Ingvar, *Seismological recordings of nuclear explosions in 1976 obtained at the Hagfors Observatory i Sweden*,
FOA Rapport C 20275-T1, November 1978

- [30] Dahlman O, Israelson H, *Monitoring Underground Nuclear Explosions*, Elsevier Scientific Publishing Company, 1977 ISBN 0-444-41604-8
- [31] Slunga Ragnar, *Research on Swedish earthquakes 1980-1981*, FOA Rapport C 20477-T1 November 1982
- [32] *Seismology 1980, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20427-T1 Oktober 1981
- [33] *Seismology 1981, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20460-T1 Juli 1982
- [34] Slunga Ragnar, Norrman Peter, Glans Ann-Christine, *Seismicity of southern Sweden*, FOA Rapport C2 C 20543-T1 Juli 1984 ISSN 0347-3694
- [35] *Seismology 1982, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20492-T1 Maj 1983
- [36] *Seismology 1983, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20537-T1 Maj 1984
- [37] *Seismology 1984, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20584-T1 September 1985
- [38] *Seismology 1985, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20605-T1 April 1986
- [39] *Seismology 1986, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20662-9.1 (2.2) Maj 1987 ISSN 0347-3694
- [40] *Seismology 1987, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20710-9.1 (2.2) Juni 1988 ISSN 0347-3694
- [41] *Seismology 1988, Nuclear Test Ban Verification, Earthquake and Earth Resource Investigation*, FOA Rapport C 20754-9.1 (2.2) Juni 1989 ISSN 0347-3694
- [42] *Seismology 1989-1992, Nuclear Test Ban Verification*, FOA Rapport C 20926-9.1 (2.2) May 1993 ISSN 03473694

- [43] Eriksson Anders, *Variation of the detection capability of the SKI network for presumed nuclear explosions in the USSR. I: Integrated envelop*,
FOA Rapport C 20650-9.1 Mars 1987 ISSN 0347-3694
- [44] Hammarström Monica, Bähler Suzanna, Gustavsson Matts, Jansson Per-Åke, Nordgren Leif,
Site validation for a new seismic miniarray in northern Sweden,
FOA Rapport C 20761-2.2 Juni 1989 ISSN 0347-3694
- [45] *Element Locations, Sub-Surface Vault Design and Cable Specifications in the Upgrade of Auxiliary Seismic Station AS101, Hagfors, Sweden, Ref: CTBTO Contract 00/30/6037*
FOI Dnr 01-2532:1 June 2001
- [46] *Upgrade of Auxiliary Seismic Station AS101, Hagfors, Sweden: Status of Site Preparation, Intra-Array Power and Communications, Central Facility and Data Acquisition Equipment Installation. Ref: CTBTO Contract 00/30/6037*
FOI Dnr 01-2532:2 January 2002
- [47] *Certification of the Swedish Seismic Arraystation AS101*,
FOI Dnr 01-2532:3 December 10, 2002
- [48] Bergkvist Nils-Olov, Lennartsson Malin, *Final Report, Upgrade of Auxiliary Seismic Station AS101, Hagfors, Sweden, Ref: CTBTO Contract 00/30/603*
FOI-R—1310—SE November 2004 ISSN 1650-1942
- [49] Slunga Ragnar, Nordgren Leif, *Earthquake measurements in southern Sweden Apr 1 1987-nov 30 1988*,
SKB Arbetsrapport 90-19, Forskning och Utveckling, July 1990
- [50] Fröman Anders, *Kärnvapenforskning*
Försvarets Forskningsanstalt 1945-1995 (162-176), ISBN 91-7056-094-3

Appendix A

FOI rapportdatabas sökord: Plutonium, Uran

1. **Alm K-F Andersson L-H**
A method for the determination of Hydrogen, Nitrogen and Oxygen in Plutonium by vacuum fusion-gas chromatography.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4501)
Avd: 4
2. **Amundin Carl-Olof Norrbrand Göte Ekbom Lars**
Utrustning för smältning och gjutning av plutonium i box.
Sthlm, FOA 1974
(FOA C 4581-A2)
Avd: 2
Nyckelord: Kärnladdningsegenskaper A-skyddsteknik
3. **Arbman Gunnar Axelsson Anders Bergman Ronny Melin Lena Ringbom Anders Oliver Lena Widlund Lennart Wigg Lars Ågren Göran**
[Sammanfattning](#) [Abstract in English](#) [Hela rapporten som PDF-fil](#)
Primitiva kärnladdningar - ett realistiskt hot?
Primitive nuclear devices - a real threat?
Umeå, FOI 2002, 14 p.
(FOI-R--0735--SE) (Teknisk rapport/Technical report)
Avd: 4 Org: 410430660
Nyckelord: Uran plutonium kärnvapen kärnladdning detektion explosion verkan uranium plutonium nuclear weapons detection explosions effects
Språk/language: Svenska/Swedish
4. **Bernström Brita Rydberg Jan**
Studies on the extraction of metal complexes. 28. The distribution of some actinides and fission products between tributyl phosphate (TBP) and aqueous solutions of HNO₃ and Ca(NO₃)₂.
Sthlm, FOA 1958, 10 s.
(FOA Dnr 1245-8509)
Avd: 4
Nyckelord: Plutonium uranium hexone
5. **Bratt Catharina** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#)
Projektilmaterialets inverkan på penetrationsförmågan. En översikt över kunskapsläget. The influence of the materiel properties on the ballistic performance of a long rod projectiles. A review.
Stockholm, Foa 1994, 13 p.
(FOA C 20958-2.3)
Avd: 2
Nyckelord: projektilmaterial penetration mekaniska egenskaper dynamiska egenskaper tungmetall uran
Språk/language: Svenska/Swedish
6. **de Geer Lars-Erik**
Upptäcka kärnvapen på fartyg utan att gå ombord?
(FOA-tidningen, 1990:3:14-17)
Avd: 3
Nyckelord: nedrustning uran 235 plutonium 239 strålning U 137 detektering
7. **De Geer Lars-Erik**
Gulfkrigssyndromet beror ej på ammunition med utarmat uran. 300 ton kvar i öknen - skrämmer men är ingen given hälsofara.
(FOA-tidningen, 1993:5:16-18)
Avd: 3
Nyckelord: strålningsdetektion Gulfkriget

8. **Dyrssen David Ljunggren Stig**
Reduktionsförsök i salpetersura lösningar 1.
Sthlm, FOA 1961, 8 s.
(FOA Dnr 1175-8509)
Avd: 4
Nyckelord: plutonium termodynamik järn uran
9. **Ekbom L Bogegård S**
The Beta to Alfa transformation in small specimens of plutonium metal (preliminary results).
Stockholm, FOA 1966
(FOA A 4476)
Avd: 4
10. **Ekbom L Faxland S**
Laboratorievalsverk för kallsvetsning av plutonium.
Stockholm, FOA 1968
(FOA C 4347)
Avd: 4
11. **Ekbom L Omsen A**
Metallografisk preparering av plutonium.
Stockholm, FOA 1965
(FOA A 4442)
Avd: 4
12. **Gelin B Helleday E**
Bestämning av Uran i Järn-Uranlegeringar.
Stockholm, FOA 1973
(FOA C 4522)
Avd: 4
13. **Hedlund B**
Svarvning av olegerat Plutonium.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4510)
Avd: 4
14. **Hedlund B**
Tillverkning av provkoppor avsedda för försök att bestämma tillståndsdata för Plutonium.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4509)
Avd: 4
15. **Helson Arne**
Hälsö- och sjukvårdsproblem i samband med atomvapenkrigföring.
Sthlm, FOA 1956, 14 s.
(FOA Dnr 1476-8509)
Avd: 4
Nyckelord: Hiroshima detonationer uran vätebomber trotyl robotvapen
16. **Holm L W**
Determination of electron binding energies in plutonium with photo electron spectroscopy.
Stockholm, FOA 1966
(FOA A 4477)
Avd: 4
17. **Holm L W**
Electron spectroscopic determination of electron binding energies in plutonium.
Stockholm, FOA 1965
(FOA A 4469)
Avd: 4
18. **Johansson A Starfelt N**
Beräkningar av neutronutbytet från (ALFA,N)-reaktionen i material i kontakt med plutonium.
Stockholm, FOA 1960
(FOA C 4106)
Avd: 4

19. **Kiesow Ingolf** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#) [Hela rapporten som PDF-fil](#)
Perspectives on North Korea's nuclear and missile programs.
Perspektiv på Nordkoreas missil- och kärnvapenprogram.
Stockholm, FOI 2004, 61 p.
(FOI-R--1209--SE) (Användarrapport/User report))
Avd: 1 Org: 130
Nyckelord: Six-nations talks nonproliferation weapons of mass destruction plutonium program uranium program energy needs
Språk/language: Engelska/English
20. **Körlof Anna**
Inget förbud mot utarmat uran i vapen.
2003
(Framsyn, 2003:1, 16-18) (Temanummer Folkrätt) ()
Avd: 4
Nyckelord: Massförstörelsevapen ammunition uranprojektiler uranoxid radioaktivitet
21. **Landergren U Cyreus G**
Metallografisk teknik för undersökning av plutonium.
Stockholm, FOA 1960
(FOA A 4153)
Avd: 4
22. **Leman G**
Några högtrycksegenskaper hos uran och andra aktanider.
Stockholm, FOA 1970
(FOA C 4434)
Avd: 4
23. **Nygren Ulrika Rodushkin Ilia Nilsson Calle Baxter Douglas C**
Separation of plutonium from soil and sediment prior to determination by inductively coupled plasma mass spectrometry.
Umeå, FOI 2003, 9 p.
(FOI-S--1109--SE) (J Anal At Spectrom 18(2003), 1426-1434)
Avd: 4 Org: 440
Språk/language: Engelska/English
24. **Nygren Ulrika Tjärnhage Åsa Bergman Inger** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#)
[Hela rapporten som PDF-fil](#)
Radiokemiska analysmetoder vid FOI NBC-skydd.
Methods of radioanalytical chemistry at FOI NBC Defence.
Umeå, FOI 2002, 20 p.
(FOI-R--0039--SE) (Metodrapport/Methodology report)
Avd: 4 Org: 440
Nyckelord: Radiokemi Strontium-90 uran plutonium americium radiochemistry strontium-90 uranium
Språk/language: Svenska/Swedish
25. **Rehnavall Hans**
Verklig oro - mystiska granater.
2001
(Framsyn, 2001:1, 48)
Avd: 4
Nyckelord: Utarmat uran ammunition radioaktivitet hälsorisker
26. **Rydberg Jan**
Atomenergins militära användning. Allmänna grunder. 2. uppl.
Sthlm, FOA 1955, 30 s.
(FOA Dnr 1141-8509)
Avd: 4
Nyckelord: Uran isotopseparation kärnreaktorer atombomber fission fusion
27. **Rydberg Jan**
Förutsättningarna för atomenergins militära användning.
Sthlm, FOA 1956, 38 s.
(FOA Dnr 1358-8509)
Avd: 4
Nyckelord: Atomvapen kärnfysik uran isotoper gasdiffusion fusion radiologi

28. **Rydberg Jan**
Redogörelse för deltagande i American chemical society's 133e möte.
San Francisco, CA, April 13-18, 1958
Sthlm, FOA 1958, 10 s.
(FOA Dnr 1915-8509)
Avd: 4
Nyckelord: Radioaktivitet isotoper klyvning borföreningar kärnspektroskopi fission kärnenergi
uran thorium
29. **Rydberg J**
Plutonium - framställning, egenskaper och användning.
Stockholm, FOA 1960
(FOA A 4131)
Avd: 4
30. **Rydberg Jan**
Översikt över redox-jämvikter med plutonium och uran.
Sthlm, FOA 1961, 8 s.
(FOA Dnr 1173-8509)
Avd: 4
31. **Rydberg Jan**
Two methods for the isolation of tracer amounts of plutonium.
1955, 9 p.
(Acta Chem Scand 9(1955), 1252-1260) (FOA)
Avd: 4
32. **Rydberg Jan Sillen Lars Gunnar**
Combination of unit processes for isolating plutonium.
1955, 10 p.
(Acta Chem Scand 9(1955), 1241-1251) (FOA)
Avd: 4
33. **Sandström Björn** [Hela rapporten som PDF-fil](#)
Nuclear risk assessment : Central Asia after independence.
Nukleär riskbedömning : Centralasien efter självständigheten.
Umeå, FOI 2004, 62 p.
(FOI-R--1292--SE) (User report/Användarrapport)
Avd: 4 Org: 410
Nyckelord: Central Asia Kazakhstan Kyrgyzstan Tajikistan Turkmenistan Uzbekistan nuclear
weapons nuclear risks radiological risks uranium Centralasien kärnvapen nukleära risker
radiologiska risker uran
Språk/language: Engelska/English
34. **Sandström Björn** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#) [Hela rapporten som PDF-fil](#)
Urannivåer i urinen hos svensk personal som arbetat eller avser att arbeta i den svenska KFOR-stryrkan i Kosovo. Del 2. Uppföljning av tidigare studie
Levels of uranium in urine from Swedish personnel that have been serving or will serve in the Swedish KFOR contingent. Part 2. Follow-up.
Umeå, FOI 2002, 15 p.
(FOI-R--0581--SE) (Användarrapport/User report)
Avd: 4 Org: 410
Nyckelord: Uran utarmat urin dricksvatten Kosovo KFOR SWEDINT uranium depleted urine
drinking water
Språk/language: Svenska/Swedish
35. **Sandström Björn**
Utarmat uran i Bosnien och Hercegovina.
Umeå, FOI 2004
(FOI Memo 1047) (FM)
Avd: 4 Org: 410
36. **Sandström Björn Lidström Kenneth** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#)
Utarmat uran : en introduktion.
Depleted uranium : an introduction.
Umeå, FOA 2000, 14 p.
(FOA-R--00-01652-861--SE) (Användarrapport/User report)
Avd: 4
Nyckelord: Utarmat uran radioaktiva ämnen hälsoeffekter mätning användning
Språk/language: Svenska/Swedish

37. **Sandström Björn Nygren Ulrika** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#) [Hela rapporten som PDF-fil](#)
Urannivåer i urinen hos svensk personal som arbetat eller avser att arbeta i den svenska KFOR-styrkan.
Levels of uranium in urine from Swedish personnel that has been serving or will serve in the Swedish KFOR contingent.
Umeå, FOI 2001, 7 p.
(FOI-R--0165--SE) (Användarrapport/User report)
Avd: 4 Org: 410440
Nyckelord: Utarmat uran urin Kosovo depleted uranium urine Kosovo
Språk/language: Svenska/Swedish
38. **Schill Ingvar Söderqvist Rolf**
Densitetsbestämning av plutonium.
Sthlm, FOA 1974
(FOA C 4587-A2)
Avd: 2
Nyckelord: Kärnladdningsegenskaper A-skyddsteknik
39. **Sjöborg T, Halvarson K**
Utredning rörande kvantitet plutonium som i form av lösning riskfritt kan disponeras i avlopp från FOA:s kärnkemiska laboratorium.
Stockholm, FOA 1965
(FOA A 4422)
Avd: 4
40. **Strömberg Lars Göran**
Irak och kärnvapen? Ja, ganska säkert.
(FOA-tidningen, 1992:2:24-26)
Avd: 3
Nyckelord: Gulfkriget FN-inspektion IAEA uran kärnladdningsprogram
41. **Strömberg Lars Göran**
Laser, dysa och massdiffusion. Möjliga anrikningsmetoder för uran.
Sthlm, FOA 1974
(FOA C 20023-A1)
Avd: 2
Nyckelord: Kärnvapenhot Prognoser
42. **Svenonius P**
Kritisk storlek för sfäriska skal av plutonium uranreflektor.
Sthlm, FOA 1963, 14 p.
(FOA A 4287-445)
Avd: 4
43. **Ullberg Sven Nelson Arne Kristoffersson Harry Engström Arne**
Distribution of plutonium in mice. An autoradiographic study.
Sthlm, FOA 1 1963, 13 s.
(FOA A 1024-F17)
Avd: 4
44. **Wahlström L**
Externa och interna risker vid arbete med plutonium.
Sthlm, FOA 4 1964, 94 s.
(FOA A 4378-416)
Avd: 4
45. **Waleij Annica Karlsson Rose-Marie Edlund Christina**
Intryck från konferenserna "Environment, Security and Sustainable Development", Haag, 9-12 maj, 2004 och "Krigets miljöeffekter - exemplen Agent Orange och Utarmat uran", Stockholm 23-24 april, 2004.
Umeå, FOI 2004, 17 p.
(FOI-D--0202--SE)
Avd: 4 Org: 430440
Nyckelord: Miljöfrågor säkerhetsfrågor uthållig utveckling väpnad konflikt miljökonsekvenser utarmat uran agent orange
Språk/language: Svenska/Swedish

46. **Wallin L**
Uran-233, kärnladdningar och avancerade reaktorer.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4487)
Avd: 4
47. **Wills J M Eriksson O Delin A Andersson P H Joyce J J Durakiewicz T**
Butterfield M T Arko A J Moore D P Morales L A
Novel electronic configuration of the 5f states in d-plutonium as revealed by the photo-electron spectra.
Stockholm, FOI 2004, 4 p.
(FOI-S--1336--SE) (Journal of electron spectroscopy and related phenomena, vol. 135, p. 163-166)
Avd: 6 Org: 660
Språk/language: Engelska/English
48.
Förenta staternas atomenergilag av år 1946.
Sthlm, FOA U.å., 41 p.
(Rapport. 18)
Avd: 4
Nyckelord: Militärt utnyttjande atombomben uran thorium
49.
Sammanställning av tidningsuppgifter rörande atombomben : uppgifter hämtade ur tidningar utgivna mellan 7/8 - 2/10 1945.
Sthlm, FOA U.å., 26 p.
Avd: 4 Acc-nr: 4/93/131
Nyckelord: Atombomben radioaktivt nedfall uran plutonium
50.
Viktigare data rörande upptäckten och användningen av atomenergi 1938-1946.
Sthlm, FOA U.å., 16 p.
(Rapport. 23)
Avd: 4
Nyckelord: Kärnenergi radioaktivitet militärt utnyttjande uran

Appendix B

FOI rapportdatabas sökord: Hagfors, Hagforsobservatoriet

1. **Askelin Jan**
I Hagfors lyssnar FOA på bergets hemligheter.
(FOA-tidningen, 1993:1:03-04)
Avd: 3
Nyckelord: seismologi kärnvapenprov jordskalv mätstationer
2. **Austegard Atle**
Seismic events in the USSR in 1972.
Sthlm, FOA 1974
(FOA C 20018-T1)
Avd: 2
Nyckelord: Seismologi Sovjetunionen NORSAR LASA NOAA Hagfors MOS
3. **Bähler Suzanna** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#)
Studies of noise and signals from the Hagfors sub-array for array configuration design.
Studier av brus och signaler från Hagfors detektorringen för be stämning av array konfiguration.
Stockholm, FOA 1989, 27 p
(FOA C 20757-9.1)
Avd: 2
Nyckelord: seismology array correlations Hagfors beamgain
Språk/language: Engelska/English
4. **Bergkvist N-O Mårtensson M Öberg D**
The new Hagfors array.
Lahti, 2002
Stockholm, FOI 2003
(FOI-S--0812--SE) (Nordic seminar on detection seismology)
Avd: 6 Org: 650
Språk/language: Engelska/English
5. **Bergkvist Nils-Olov** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#)
P-coda and mb estimates at the Hagfors Observatory from underground nuclear explosions at Semipalatinsk and Lop Nor.
En jämförande studie av mb och P-koda vid Hagforsobservatoriet från underjordiska kärnladdningsexplosioner i Semipalatinsk och Lop Nor.
Stockholm, FOA 1992, 18 p.
(FOA C 20919-9.1)
Avd: 2
Nyckelord: magnitude yield seismology P-coda nuclear explosion
Språk/language: Engelska/English
6. **Bergkvist Nils-Olov Lennartsson Malin** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#) [Hela rapporten som PDF-fil](#)
Final report. Upgrade of auxiliary seismic station AS101, Hagfors, Sweden.
Slutrapport. Uppgradering av den svenska seismologiska array stationen AS101 i Hagfors.
Stockholm, FOI 2004, 14 p.
(FOI-R--1310--SE) (Teknisk rapport/Technical report)
Avd: 6 Org: 680
Nyckelord: Seismologi provstoppsövervakning mätstation CTBTO Seismology monitoring testban treaty seismic array station CTBTO
Språk/language: Engelska/Englsih
7. **Bernström Brita**
Tritium i atmosfärisk vätgas vid en svensk insamlingsstation i Hagfors.
Umeå, FOA 1977
(FOA C 40062-T2)
Avd: 4
Nyckelord: T2

8. **Dahlman Ola**
Report from the 2nd Nordic seminar on detection seismology, Hagfors march 1-4, 1971.
Stockholm, FOA 1971
(FOA C 4462)
Avd: 4
9. **Dahlman Ola**
Seismic records from The US Nuclear Explosions faultless 19.1.1968, obtained at Hagfors temporary seismological station in Sweden.
Stockholm, FOA 1968
(FOA C 4376-26)
Avd: 4
10. **Dahlman Ola**
Hagforsobservatoriet 1969.
Stockholm, FOA 1970
(FOA A 4497)
Avd: 4
11. **Dahlman Ola Israelson Hans Slunga Ragnar Hörnström Gunnel
Wägner Harald Lindh Bryant Nedgård Ingvar Nordgren Leif**
Hagfors Observatory, 1972, annual report.
Sthlm, FOA 1974, 28 p.
(FOA C 20008-T1)
Avd: 2
Nyckelord: Detektion seismologi kärnladdningsexplosioner verksamhetsberättelse detection
seimology nuclear explosions
Språk/language: Engelska/English
12. **Ericsson U**
Hagfors seismological observatory in Sweden.
Stockholm, FOA 1969
(FOA C 4400)
Avd: 4
13. **Hagfors Observatory**
Hagfors event report no.1, US nuclear explosion cannikin nov. 6, 1971.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4486)
Avd: 4
14. **Hagfors Observatory**
Hagfors event report no. 2, Hindu Kush earthquake january 20, 1972.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4495)
Avd: 4
15. **Hagfors Observatory**
Hagfors event report no.3, USSR explosion in western Kazakh december 23, 1970.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4499)
Avd: 4
16. **Hagfors Observatory**
Hagfors event report no.4, the San Fernando earthquake february 9, 1971.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4511)
Avd: 4
17. **Hagfors Observatory**
Hagfors event report no.5, US nuclear explosion handley march 26, 1970.
Stockholm, FOA 1972
(FOA C 4517)
Avd: 4

18. **Hagfors Observatory**
Hagfors event report no.6, earthquake in the Crimea region july 22, 1972.
 Stockholm, FOA 1973
 (FOA C 4538)
 Avd: 4

19. **Hammarström Monica Bähler Suzanna Gustavsson Matts Jansson Per-Åke Nordgren Jan Nordgren L** [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#)
Site validation for a new seismic miniarray in northern Sweden.
Platsutvärdering för en ny seismisk miniarray i norra Sverige.
 Stockholm, FOA 1989, 19 p.
 (FOA C 20761-2.2)
 Avd: 2
Nyckelord: Substation Hagfors Malå seismisk miniarray
Språk/language: Engelska/English

20. **Israelson H**
Identification of earthquakes and explosions with seismic data from Hagfors Observatory.
 Stockholm, FOA 1971
 (FOA C 4468)
 Avd: 4

21. **Israelson Hans Yamamoto Masahiro**
Seismic magnitudes from explosions and earthquakes obtained of the Hagfors and Matsushiro observatories.
 Sthlm, FOA 1974
 (FOA C 20010-T1)
 Avd: 2
Nyckelord: Seismologi

22. **Johansson Peder**
Seismic analysis at the Hagfors Observatory - The software.
Seismisk analys vid Hagforsobservatoriet - programvaran.
 Stockholm, FOA 1986, 50 p.
 (FOA C 20633-9.1)
 Avd: 2
Nyckelord: Seismisk analys Hagfors programvara
Språk/language: Engelska/English

23. **Kogeus K**
Systemet för A/D-omvandling och digital registrering vid FOA:s observatorium i Hagfors.
 Sthlm, FOA 1969, 10 s.
 (FOA C 4397-20)
 Avd: 2

24. **Lund B**
Report 1. Element Locations, Sub-Surface Vault Design and Cable Specifications in the Upgrade of Auxiliary Seismic Station AS101, Hagfors, Sweden.
 Stockholm, FOI 2002, 20 p.
 (FOI-S--0358--SE)
 Avd: 6 Org: 650
Språk/language: Engelska/English

25. **Lund B Mårtensson M Bergkvist N-O**
Report 2. Upgrade of auxiliary seismic station AS101, Hagfors, Sweden: Status of site preparation, intra-array power and communications, central facility and data acquisition equipment installation.
 Stockholm, FOI 2002, 44 p.
 (FOI-S--0388--SE)
 Avd: 6 Org: 650
Språk/language: Engelska/English

26. **Mitlid Paul**
A differential input gainranging amplifier employing monolithic integrated circuits.
 Sthlm, FOA 1978, 17 s.
 Matsson Bertil (medv.)
 (FOA C 20221-E4)
 Avd: 2
Nyckelord: Hagforsobservatoriet Seismologi

27. **Mitlid Paul**
Seismic activity detector.
Sthlm, FOA 1979, 17 p.
(FOA C 20327-E4)
Avd: 2
Nyckelord: Hagforsobservatoriet Seismologi
28. **Nedgård I**
On the Hagfors station detection capabilities at five nuclear test sites.
Husavik, Island, Jun 6-8, 2001
Stockholm, FOI 2002, 14 p.
(FOI-S--0399--SE) (Nordiska seminariet för Detektions Seismologi.)
Avd: 6 Org: 650
Språk/language: Engelska/English
29. **Nedgård Ingvar**
Seismological recordings of nuclear explosions in 1976 obtained at the Hagfors Observatory in Sweden.
Sthlm, FOA 1978, 71 s.
(FOA C 20275-T1)
Avd: 2
30. **Prawitz Jan**
Så blev Hagforsobservatoriet till under en natt i Venedig ...
(FOA-tidningen 5-6:30-31)
Avd: 3
Nyckelord: Pugwash provstoppsavtal
31.
Earthquake in Guatemala February 4, 1976. Event report no 14.
Jordskalv i Guatemala 4 februari 1976. Observationer från FOA Observatorium, Hagfors.
Sthlm, FOA 1976, 9 p.
(FOA C 20093-T1)
Avd: 2
Nyckelord: Seismologi detektering seismology detection
Språk/language: Engelska/English
32.
Förmodad explosion i Nevada, 19 juni, 1974.
Sthlm, FOA 1975
(FOA C 20034-T1) (Hagfors observatorium. Rapport nr 13)
Avd: 2
Nyckelord: Seismologi
33.
Hagfors event report. No. 11. Kärnvapenexplosion i Indien 1974-05 18. Nuclear explosion in India, May 18, 1974.
Sthlm, FOA 1974
(FOA C 4585-A1)
Avd: 2
Nyckelord: Kärnladdningsshot A-skyddsteknik
34.
Hagfors event report no.10, two USSR explosions in eastern Kazakh december 10, 1972.
Stockholm, FOA 1973
(FOA C 4558)
Avd: 4
35.
Hagfors event report no.7, presumed explosion in south western USSR july 9, 1972.
Stockholm, FOA 1973
(FOA C 4539)
Avd: 4
36.
Hagfors event report no.8, explosion in Western USSR. September 4, 1972.
Stockholm, FOA 1973
(FOA C 4543)
Avd: 4

37. **Hagfors event report no.9, US nuclear explosion Rio Blanco may 17, 1973.**
Stockholm, FOA 1973
(FOA C 4544)
Avd: 4
38. **Hagfors laboratory 1971. Annual report.**
Sthlm, FOA 1972
Slunga R Söderström B Dahlman Ola Israelson H Hörnström G Lindh B Möller B Nedgård I
Nordgren L
(FOA A 4503-TR 78)
Avd: 2
39. **Hagfors observatory 1970. Annual report.**
Sthlm, FOA 1971
Dahlman Ola (red)
(FOA A 4501-26)
Avd: 2
Nyckelord: Hagforslaboratoriet
40. **Jordbävning i Managua, Nicaragua, 23 December 1972. Earthquake in Managua, December 23, 1972. (Mätningar gjorda vid FOA:s observatorium i Hagfors.)**
Sthlm, FOA 1974
(FOA C 20024-T1)
Avd: 2
Nyckelord: Seismologi
41. [Sammanfattning](#) [Abstract in English](#)
Seismology 1989-1992. Nuclear test-ban verification.
Stockholm, FOA 1993, 57 p.
Johannisson Eva Persson Astrid Schyberg Marie-Louise
(FOA C 20926-9.1(2.2))
Avd: 2
Nyckelord: Nuclear explosion seismic analysis Hagfors Observatory group of scientific experts nuclear test ban seismology verification International Data Center
Språk / language: Engelska/English
42. **Världen sedd från Hagfors. Övervakning av kärnvapenprov och jordskalv. Bild.**
(FOA-tidningen, 1993:1:5)
Avd: 3
Nyckelord: seismometer explosion epicentrum provplatser
43. **Världen sedd från Hagfors. Övervakning av kärnvapenprov och jordskalv. (Bild och faktaruta.)**
(FOA-tidningen, 1993:1:05)
Avd: 3
44. **Working paper describing the Hagfors seismological observatory in Sweden.**
1969
Dahlman Ola (red)
(FOA B 4032-20) (FOA reprints 1969/70:6) (Conf. of the Eighteen-National Comm. on disarmament. Doc. ENDC/257, 14. Aug. 1969)
Avd: 2

Appendix C

Mätstationer – koordinater

Station	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Kommentar
Date on: 1969-05-29		Date off: 2003-10-30		
HFSC1	60.13356	13.69426	311	BH (Borrhålet) Bergrummet
HFSC2	60.13257	13.69577	314	
HFSB1	60.13719	13.69903	268	
HFSB2	60.14234	13.69607	271	
HFSB3	60.14243	13.68555	283	
HFSB4	60.13749	13.68197	281	
HFSB5	60.13415	13.69071	278	
HFSA1	60.13732	13.69271	281	Mittpunkten
Date on: 2001-08-24				
HFA0	60.141965	13.684988	274.9	
HFA1	60.144449	13.684584	294.5	
HFA2	60.140567	13.680606	301.9	
HFA3	60.140466	13.689584	265.9	
HFB1	60.148188	13.682351	323.8	
HFB2	60.142126	13.672940	341.7	
HFB3	60.137039	13.682041	271.9	
HFB4	60.138456	13.694303	266.2	
HFB5	60.146693	13.696394	253.7	
HFC2	60.133474	13.694490	296.7	
SLLB1	60.47517	13.31845	390	
SLLB2	60.47305	13.30867	325	
SLLB3	60.46790	13.30957	307	
SLLB4	60.46655	13.31967	360	
SLLB5	60.47098	13.32513	410	
SLLC1	60.47517	13.31845	390	LP-bunker
APOB1	60.53837	13.92752	335	
APOB2	60.54253	13.93430	290	
APOB3	60.54713	13.92838	300	
APOB4	60.54548	13.91818	290	
APOB5	60.54035	13.91757	305	
APOC1	60.53950	13.93100	335	LP-bunker

TBY	60.079	12.830	285	Torsby
KLX	66.05	23.0	---	Kalix

NSD1	65.19442	18.81867	---	Näsudden
NSD2	65.19035	18.82633	---	
NSD3	65.19258	18.83998	---	
NSD4	65.19878	18.83655	---	
NSD4	65.19977	18.82347	---	

Date on: 1979-12-01

ABB	57.845	12.786	239	Abborråsen
BYD	57.059	13.163	152	Bredaryd
HED	58.680	11.778	078	Hedekas
KTB	61.066	16.284	298	Katrineberg
HRN	60.250	16.486	128	Horndal
HVK	60.009	18.566	020	Hallstavik
MRD	58.617	13.746	---	Mariestad
TNU	57.638	14.269	---	Tenhult
VEB	55.599	13.516	116	Veberöd
OLF	56.308	14.470	118	Olofström
ORK	56.268	13.262	096	Örkelljunga
VIM	57.788	16.002	151	Vimmerby
ALR	56.995	15.918	119	Alsterbro
SGA	57.304	18.473	25	Stånga
VNY	59.404	12.482	229	Värmlands Nysäter
GBD	59.457	14.554	183	Granbergsdal
NYK	58.924	17.091	033	Nyköping