

Årsmelding  
Annual Report **2007**



**NORSAR**

# THE NORSAR FOUNDATION

## **NORSAR is an independent foundation established with the following objectives:**

- To conduct research and development in the areas of geophysics and geophysical software.
- To promote the application of research results for the benefit of the Norwegian society and Norwegian industry.
- To establish and further develop the professional competence of its staff within its areas of activity,
- To act as a Norwegian national resource center for verifying compliance with the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT).

## **NORSAR's research activities are focused on three main areas:**

1. Development of methods and processing systems for seismic monitoring and verification of compliance with the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty.
2. Basic seismological research associated with the recording of small and large earthquakes as well as assessing earthquake hazard.
3. Developing methods and software for seismic modelling of geological structures.

■ NORSAR is an internationally recognized research institution in seismology, and provides advanced, innovative products and services to its customers both in the public and private sectors.

■ Seismic modelling methods developed by NORSAR provide value-added services to oil companies, seismic contractors and consultant companies.

■ "Seismology for society" is an appropriate designation of NORSAR's activities in seismological R&D, which are supported through national as well as international organizations, and which focus on global, regional and local safety and security issues.

■ The Annual Report of the NORSAR Foundation gives an overview of activities that have generated interest among our customers, cooperative partners and governmental agencies. Besides containing basic information about NORSAR, it also highlights some selected research activities in 2007. The Annual Report describes the organization of NORSAR, presents the report from the Board of Directors for 2007 and also includes a report on the financial status of the foundation. Furthermore, a list is provided of scientific publications as well as professional presentations in 2007 by the NORSAR staff.

# STIFTELSEN NORSAR

## **Stiftelsen NORSAR har som formål, på idéelt og samfunnsnyttig grunnlag å:**

- Utføre forskning og utvikling innen geofysiske og datatekniske fagområder.
- Arbeide for anvendelse av denne forskningens resultater i praksis til fremme av norsk nærings- og samfunnsliv.
- Bidra til opparbeidelse og utvikling av kompetanse og utdanning av fagpersonell innen stiftelsens fagområder.
- Fungere som nasjonalt kompetanse- og driftssenter knyttet til avtalen om forbud mot kjernefysiske prøvesprengninger.

## **Forskningen ved NORSAR konsentreres i tre hovedområder:**

1. Utvikling av metoder og systemer for seismisk overvåkning og verifikasjon av etterlevelse av prøvestansavtalen, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT).
2. Grunnleggende seismologisk forskning knyttet til registrering av små og store jordskjelv og risiko ved jordskjelv.
3. Utvikling av metoder og software for seismisk modellering av geologiske strukturer.

■ NORSAR er en internasjonalt ledende aktør innen forskning og utvikling av innovative, seismiske løsninger for kunder både i offentlig og privat sektor.

■ NORSARs metoder for seismisk modellering bidrar i verdiskapningen hos oljeselskap, seismiske kontraktører og konsulentelskap.

■ "Seismologi for samfunnet" er betegnende for virksomheten i NORSARs seismologiske FoU, som støttes av både nasjonale og internasjonale offentlige organer med fokus på global, regional og lokal samfunnssikkerhet.

■ Årsmeldingen for Stiftelsen NORSAR gir en oversikt over forhold som ofte blir etterspurt av oppdragsgivere, samarbeidspartnere og offentlige institusjoner. Den inneholder en del sentrale opplysninger fra virksomheten samt noen utvalgte eksempler fra NORSARs forskning og faglige aktiviteter i 2007. Årsmeldingen beskriver også organiseringen, den viser årsberetningen og det økonomiske resultatet for 2007, og den lister opp årets publikasjoner, foredrag og posters der forskere fra NORSAR har gitt sine bidrag.

## Activities in 2007

■ During 2007, NORSAR has increasingly focused on international activities, through various projects, visitor programs, participation in international symposia and conferences as well as technical meetings in connection with the development of the verification system for the CTBT.

■ One of these international research projects has been established in connection with the International Polar Year 2007-2008, with participation of Norway, Poland and Germany and with NORSAR as the lead organization. During 2007, the project activities included installation of seismic instrumentation on Spitsbergen and Hopen as well as on the ocean floor west of Bear Island, for the purpose of investigating geological structures along the continental margin and in the Barents Sea.

■ In 2007, NORSAR began a new four-year cooperative project with the six countries in Central America on seismic hazard in the region. This is the third cooperative project on this topic undertaken by NORSAR since 1991.

■ During 2007, NORSAR hosted 12 visiting scientists from abroad with a stay exceeding one month, and 9 such scientists for shorter periods. Six of the long-term visits took place under the international NERIES project, which is funded by the European Commission.

■ NORSAR's activities within seismic modelling had a breakthrough in China, where the subsidiary NORSAR Innovation AS recorded five sales of NORSAR software to Chinese oil and contractor companies through its distributor in Beijing.

■ A milestone was reached in 2007 with the introduction at the SEG conference in San Antonio, Texas of the new software product SeisRoX for seismic and geological reservoir modelling. This new product represents the first stage of a planned software suite for consistent, model-based analysis covering the entire seismic value chain.

## Virksomhet i 2007

■ NORSAR har i økende grad bidratt internasjonalt gjennom prosjekter, besøksprogrammer, ved deltagelse på internasjonale seminarer og konferanser, og ved tekniske møter knyttet til organisasjonen for prøvestansavtalen i Wien.

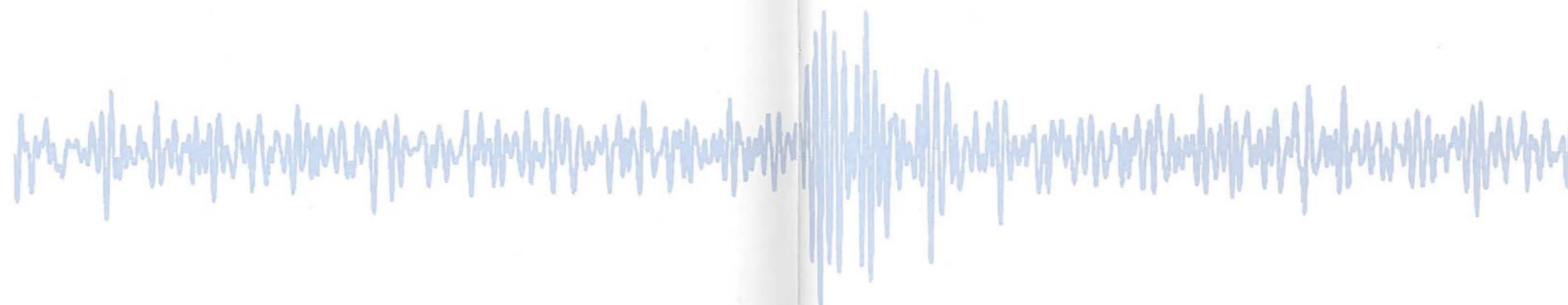
■ Et av prosjektene i 2007, der NORSAR har prosjektledelsen, er forankret i polarforskning under programmet for det Internasjonale Polaråret 2007-2008. Deltagende nasjoner er Norge, Polen og Tyskland. I 2007 ble det under prosjektet installert seismologiske instrumenter på Spitsbergen og Hopen og på havbunnen vest av Bjørnøya, for undersøkelse av geologiske strukturer på kontinentalmarginen og i Barentshavet.

■ I 2007 startet NORSAR et nytt fireårig samarbeidsprosjekt innen jordskjelvisiko med de seks landene i Sentral-Amerika, forøvrig det tredje prosjektet i rekken om dette temaet og i dette området siden 1991.

■ I løpet av 2007 mottok NORSAR 12 utenlandske forskere for opphold med varighet over en måned og 9 forskere på opphold med varighet under en måned. Seks av langtidsoppholdene fant sted under det EU-finansierte NERIES-prosjektet.

■ NORSARs virksomhet innen seismisk modellering fikk sitt definitive gjennombrudd i Kina, ved at datterselskapet NORSAR Innovation AS gjennomførte 5 salg av NORSAR software til kinesiske olje- og kontraktørselskaper via sin distributør i Beijing.

■ Et av høydepunktene i 2007 var introduksjonen av det nye softwareproduktet SeisRoX for seismisk og bergartsfysisk reservoarmodellering på SEG-konferansen i San Antonio i Texas. Det nye produktet representerer første trinn i en ambisjon om å levere software for konsistent, modellbasert analyse i hele den seismiske verdikjeden.



■ In recent years, safety and security considerations have become increasingly important in all aspects of society. NORSAR's participation in the International Centre for Geohazards (ICG) has contributed to increased focus on the development and practical application of seismic methods in monitoring natural hazards. One example is the unstable rock slope at Åknes in Storfjorden on the western coast of Norway, where a possible rockslide could generate a local tsunami endangering the population. NORSAR has now installed and operates a recording system for microseismic events, with the purpose to provide data to an early warning system for such rockslides.

■ An important area of activity at NORSAR continues to be international cooperation in promoting entry into force of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT). In its capacity as the Norwegian National Data Center (NDC) for CTBT verification, NORSAR participates in a number of scientific and technical meetings, workshops and projects in order to strengthen and coordinate the work towards this goal. The experience acquired by NORSAR during 40 years of continuous operation of advanced systems enables the staff to provide advice and technical assistance to other countries in developing their own infrastructure. So far, six countries have benefitted from such assistance, most recently the Kyrgyz Republic, where NORSAR in 2007 began a technology transfer program, funded by the Norwegian Ministry of Foreign Affairs.

■ Seismic imaging is becoming an increasingly important tool in exploration and extraction of oil and gas, as well as in developing CO2 storage facilities, geothermic reservoirs, water reservoirs etc. NORSAR has increasingly become involved in projects making use of such tools, and seismic imaging has recently been included in NORSAR's strategic action plan as a priority item. In view of its established competence in seismic modelling, NORSAR has found it natural to focus on the use of modelling techniques as an aid in the seismic imaging procedures. In 2007, NORSAR scientists, upon invitation, published an article in the well-renowned international scientific journal "Geophysics" on the use of seismic modelling in imaging and interpretation of seismic data.

■ Sikkerhet for samfunnet har i den senere tid fått økt betydning og oppmerksomhet i media og i politiske fora. Partnerskapet og samarbeidet innen rammen av FoU knyttet til senteret for fremragende forskning, International Centre for Geohazards (ICG), har aktualisert utvikling og bruk av seismiske metoder i overvåkning av naturkrefter, som den skredtruete fjellsiden ved Åknes i Storfjorden på Sunnmøre. NORSAR har nå installert og drifter et registreringssystem for små seismiske hendelser ved Åknes, som kan være med på å varsle at et skred nærmer seg utløsning.

■ Internasjonalt samarbeid som sikter mot iverksetting av Prøvestansavtalen er et betydelig virksomhetsområde ved NORSAR. I kraft av å være norsk, nasjonalt datasenter (NDC) deltar NORSAR i en rekke teknisk-vitenskapelige møter, workshops og prosjekter for å styrke og samordne arbeidet for å nå dette målet. Den spesielle kompetansen NORSAR har opparbeidet i løpet av 40 års kontinuerlig drift inviterer andre land til å bruke NORSAR i oppbyggingen av egen infrastruktur og kompetanse. Til sammen 6 land har hittil benyttet seg av den rådgivning og teknologi NORSAR kan tilby, senest Kirgisistan, der NORSAR gjennomførte et prosjekt med teknologioverføring i 2007, finansiert av Utenriksdepartementet.

■ Seismisk avbildning blir et stadig viktigere grunnlag for leting etter og utvinning av olje og gass, CO2 lagring, geotermiske reservoar, vannreservoar, osv. NORSAR involveres i økende grad i prosjekter som handler om slik avbildning, og temaet er nylig tatt inn i virksomhetsplanen som et nytt satsningsområde. Med den kompetansen NORSAR kan vise til i seismisk modellering, er det naturlig at forskningen vinkles mot å benytte modellering som et hjelpemiddel i avbildningen. I 2007 publiserte forskere fra NORSAR, på invitasjon, i det rennomerte internasjonale tidsskriftet Geophysics en artikkel om seismisk modellering i avbildning og tolkning av seismiske data under tittelen: "Improved applicability of ray tracing in seismic acquisition, imaging and interpretation".

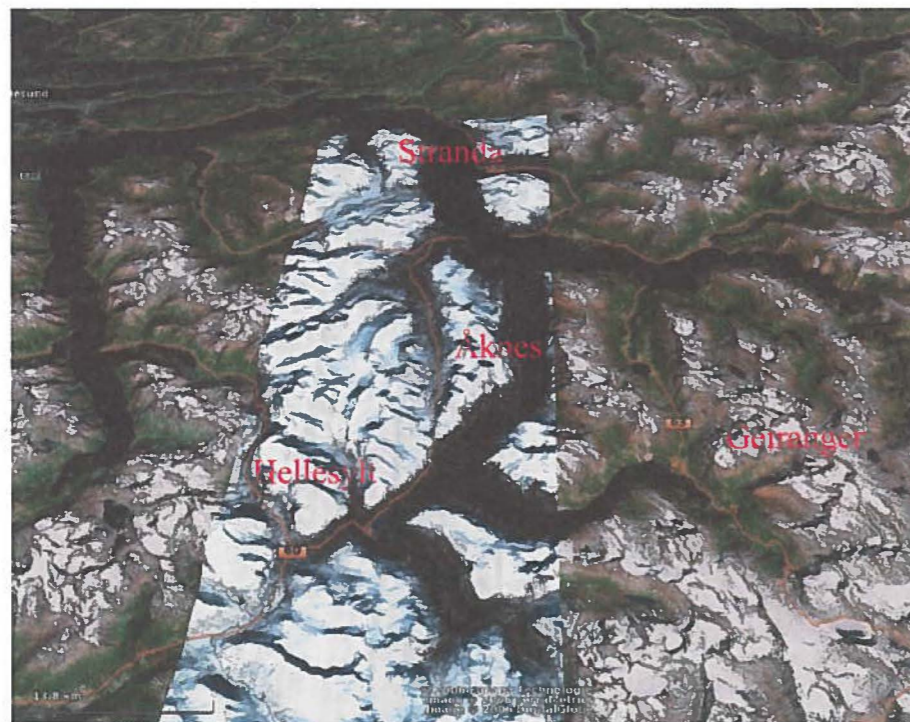
## Seismic monitoring at Åknes

■ The unstable rockslope at Åknes (Fig. 1) is a potential threat to nearby villages and to ships in the Storfjorden system. The site is remote, but a sudden failure of the slope could possibly generate a local tsunami endangering large parts of the fjord and its shores. The estimated volume of the unstable mass is between 40 and 70 million cubic meters and the movement rate along the slope varies between 4 and 15 cm per year. Several monitoring systems have been installed and are providing data to an early warning system. NORSAR is operating and maintaining a small-scale seismic monitoring network consisting of 8 three-component geophones with the purpose to record microseismic events related to the movement along the slope.

■ The network was installed October 2005 and has performed very reliably without any major interruptions since then. The system is connected by a 13 km radio link to an internet node in the village of Hellesylt. The seismic data are transferred in near real time (1-2 min delay) to NORSAR and are immediately submitted to further automatic processing. Each week, the system records about 1-10 seismic events that presumably are associated with the movement along the slope. Increased seismic activity can be observed during periods with heavy rainfalls and snow melt that apparently cause a temporary increase in the movement rate. The processing results are displayed in form of charts and waveform plots (Fig. 2), which can be accessed through NORSAR's public webpage. The seismic data complement the more direct and local measurements (laser ranging, borehole inclinometers, etc) at the Åknes slope and provide crucial input for the early warning system in the village of Stranda.

Fig. 1. Åknes ligger i fjordsystemet Storfjorden midtveis mellom Stranda og Hellesylt (venstre bilde). Volumet av den ustabile fjellsiden (farget rødt i høyre bilde) er anslått til 40-70 millioner kubikkmeter.

Fig. 1. Åknes is situated in Storfjorden, which is a fjord system midway between Stranda and Hellesylt at the west coast of Norway (left picture). The volume of the unstable rock mass (red color in the rightmost picture) is estimated to be between 40 and 70 million cubic metres.



## Seismisk overvåkning ved Åknes

■ Den ustabile fjellsiden ved Åknes på Sunnmøre (Fig. 1) representerer fare for bosetning og skipstrafikk i Storfjorden. Fjellsiden ligger i god avstand fra bebodd område, men en utglidning har potensial til å generere en tsunami som eventuelt kan true store deler av fjordsystemet og de omkringliggende strandområder. Volumet for den ustabile delen er beregnet til 40-70 millioner kubikkmeter fjell og bevegelsen i fjellsiden er målt til mellom 4 og 15 cm/år. Flere målemetoder benyttes i overvåkning av fjellsiden og sender data til et varslingssenter. NORSAR drifter og vedlikeholder et småskala seismisk nettverk bestående av 8 tre-komponent geofoner som er installert for å registrere små (mikroseismiske) jordskjelv (hendelser) som kan skyldes glidning av fjellsiden.

■ Nettverket ble installert i oktober 2005 og har levert kontinuerlige data uten større driftsforstyrrelser fra det tidspunkt. Systemet sender data til en Internet-node i Hellesylt via en 13 km radiolink. Data blir overført i nær virkelig tid (1-2 min. forsinkelse) til NORSAR og umiddelbart lagt til rette for automatisk prosessering. Det registreres 1-10 sterke seismiske hendelser i uka, som er antatt å knytte seg til fjellsidens bevegelse. Under kraftig regnvær og ved snøsmelting er det observert et enda større antall hendelser, som kan tyde på at glidningen midlertidig øker ved slike forhold. Resultatene fra prosesseringen vises i form av registreringer (Fig. 2) og statistiske data, og er tilgjengelig på NORSARs web-sider. De seismiske registreringene er komplementære til mer direkte, lokale målinger (avstandsmåling med laser, inklinometere i borehull osv.) i fjellsiden ved Åknes og leverer kritisk viktig informasjon til et varslingssenter opprettet i tettstedet Stranda.

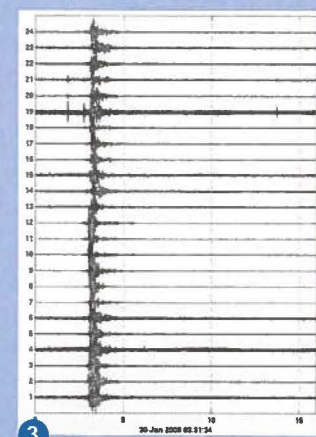
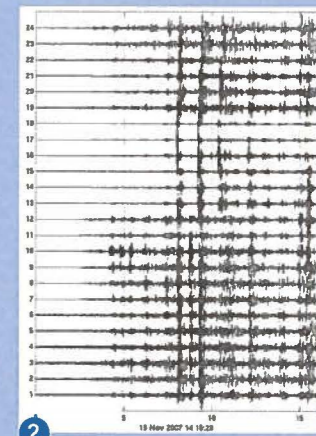
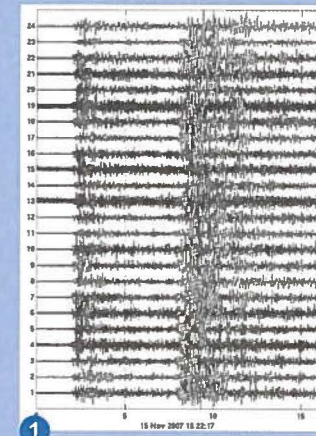


Fig. 2. Eksempel på seismiske signaler registrert av det seismiske nettverket. 1) Et regionalt jordskjelv 60km fra Åknes. 2) Et steinsprang i fjellsiden. 3) En hendelse antatt å være knyttet til glidning i fjellsiden.

Fig. 2. Examples of seismic signals recorded by the monitoring network. 1) A small regional earthquake 60 km from Åknes. 2) A rockfall along the mountain side. 3) A seismic event assumed to be associated with slippage along the mountain side.

## Cooperation with Kyrgyzstan

■ This is a project funded by the Norwegian Ministry of Foreign Affairs, and focuses on technology transfer and scientific cooperation with countries in central Asia in the context of verifying adherence to the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT). The purpose of the project is to engage in activities which may:

- contribute to regional cooperation within technical verification aspects
- build competence locally in order to enable the countries in the region to access and make use of the data that is available to all CTBT signatories
- contribute to increased participation and activities in international CTBT-related activities
- improve regional cooperation in civilian use of the monitoring technologies, for example, in earthquake monitoring

■ The initial recipient of this assistance is the institution designated as the Kyrgyz National Data Center (NDC) for CTBT monitoring: "The Research-Methodical Seismological Expedition of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic" in Bishkek, which is the capital of Kyrgyzstan. The first milestone of the project is to upgrade seismic stations from analog to digital technology and to improve the timing accuracy of the data recorded at the stations.

■ NORSAR carried out two site visits to Kyrgyzstan in 2007: one planning visit in January and one visit in November for equipment installation and training. During this work, NORSAR has had invaluable support from colleagues at cooperating seismological institutions in Kazakhstan and Russia, both in their capacity as native Russian speakers and also for their technical contributions.

■ The instrumentation delivered during this project comprises seismometers and digitizers produced by Guralp (United Kingdom), together with software with both English and Russian user interface. The intention is to continue the project in 2008, with emphasis on training for NDC-related functions.

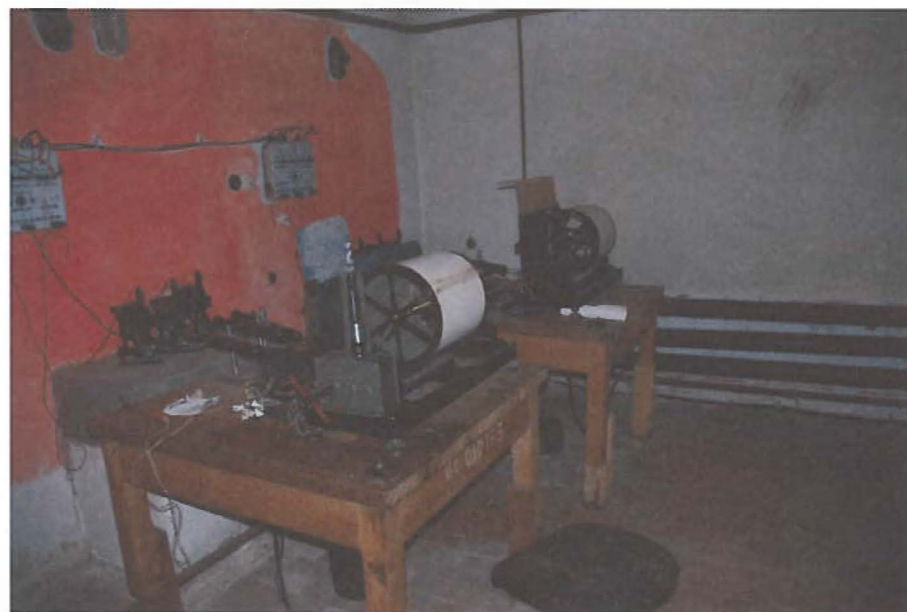


Fig. 3. Gamle russiske seismografer vist her er avhengig av dyrt og lite tilgjengelig sotet papir eller negativt fotopapir, som må fremkalles. Dette tar flere timer å utføre før beregning av registreringens lokasjon (episenter) og styrke kan starte.

Fig. 3. The Russian seismographs shown on this picture are old-fashioned and depend upon using expensive special paper. It can take hours before the seismograms can be analyzed so that the work to calculate the location and size of the earthquake can be started.

## Samarbeid med Kirgisistan

■ Prosjektet tar utgangspunkt i mulige tiltak som kan lanseres overfor land i Sentral-Asia innenfor rammen av verifikasjon av etterlevelse av prøvestansavtalen (CTBT). Prosjektet legger opp til teknologioverføring som kan:

- bidra til regionalt samarbeid innen tekniske aspekter ved verifikasjon
- heve lokal kompetanse slik at regionen får tilgang til og kan anvende data som er tilgjengelige for alle land som slutter seg til CTBT
- øke den regionale deltakelse og aktivitet i internasjonal CTBT-sammenheng
- bedre regionalt samarbeid i sivil utnyttelse av verifikasjonsteknologien, for eksempel til jordskjelvkartlegging

■ Oppdragsgiver er det norske Utenriksdepartement og mottaker av prosjektet er institusjonen som er utpekt som nasjonalt datasenter (NDC) for Kirgisistan under CTBT-traktaten, "the Research-Methodical Seismological Expedition (RMSE) of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic" i Bishkek, hovedstaden i Kirgisistan. Prosjektets første milepæl er å oppgradere seismiske stasjoner fra analog til digital teknologi og forbedre tidsregistreringen ved stasjonene.

■ NORSAR gjennomførte to stedlige besøk i Kirgisistan i 2007, et i januar for planlegging og rekognosering og et i november for installasjon og opplæring. I prosjektet har NORSAR støttet seg til kollegaer fra NORSARs samarbeidende, seismologiske institusjoner i Kazakhstan og Russland, først og fremst i egenskap av å være russisktalende, men også for å gi faglige bidrag.

■ I prosjektet er det levert seismometre og digitaliseringsutstyr fra Guralp Systems i England, og programvare med brukergrensesnitt på valgfritt russisk eller engelsk. Prosjektet vil etter intensjonen fortsette i 2008 med kompetanseoverføring konsentrert om NDC-funksjoner.

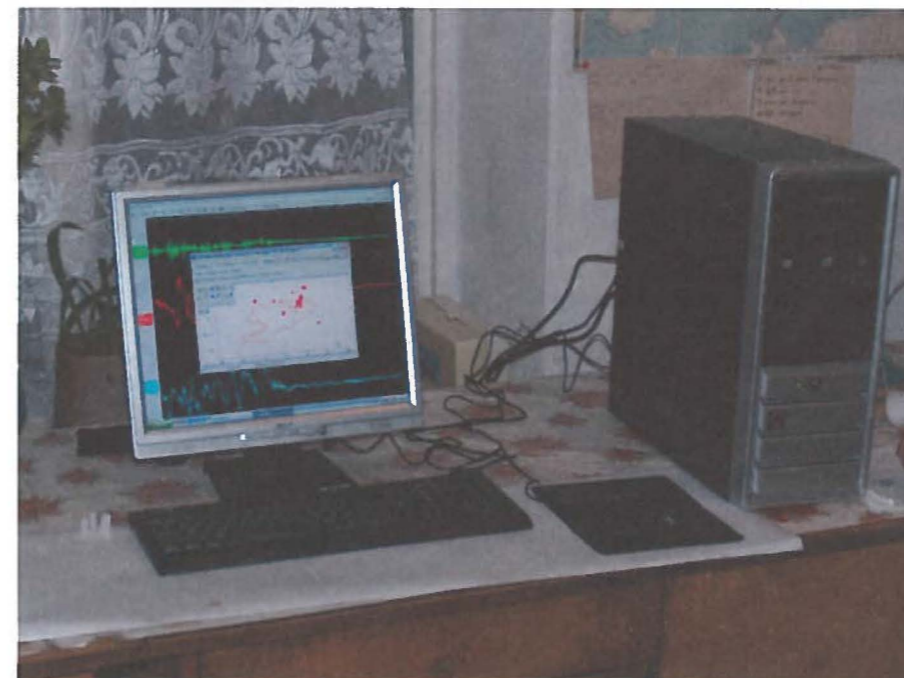


Fig. 4. Etter installasjon av nytt utstyr kan stasjonsoperatørene få signaler i reell tid inn på skjermen, og i tillegg analysere alle lagrede data. Analysesystemet gir en hørbar alarm for innkommende, sterke signaler, og beregner automatisk lokasjon (episenter) og styrke på jordskjelvhendelser for Kirgisistan-regionen.

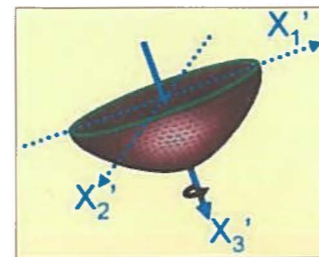
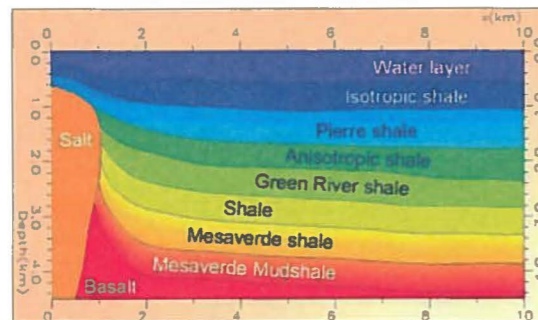
Fig. 4. The new equipment enables real-time display of the recorded signals, and also allows retrieval and analysis of previously stored data. The recording system gives an audible alarm in the case of strong signals, and performs automatic calculation of epicenter location and strength of earthquakes in the Kyrgyzstan region.

## Ray based seismic imaging

■ In 2007 NORSAR was awarded a three-year research project within seismic imaging (PSDM = Pre-Stack Depth Migration) funded by the Research Council of Norway. Although NORSAR has conducted research in PSDM imaging for many years, resulting in new modelling approaches such as the patented SimPLI which is used in the new SeisRoX software product (released in 2007), this award marks the first time that a research project is entirely dedicated to this activity.

■ This project gives NORSAR the opportunity to demonstrate new ideas in PSDM technology through prototype development, and to integrate new ideas and concepts in other related research activities (ray tracing, tomography, rock physics), in order to develop complementary tools. As an example, Figure 5 shows PSDM performed in a so-called anisotropic medium, in this case tilted-transverse isotropy (TTI), which is the most complex type of anisotropy currently dealt with by the industry. NORSAR's software for ray-tracing has been re-designed to better suit the needs of PSDM (e.g. by improved efficiency) using a powerful coordinate-transform approach. The figure shows images of a TTI dataset generated by the latest version of the NORSAR-3D ray tracing software, using three different velocity models (isotropic, vertical transverse isotropic (VTI) and the true TTI model). As expected, the final PSDM images show the reflectors at their proper depth only in the TTI case. This also illustrates the importance of having the proper background velocity field in PSDM in order to obtain adequate imaging of the geological structures. In that respect, a combined tomography-imaging approach is of essential importance.

Fig. 5. Prestack depth imaging in anisotropic models. 1) model with 6 anisotropic layers of TTI-type. 2) Local ray-tracing coordinate system used at NORSAR for efficient calculation of the necessary imaging parameters in anisotropic media with rotation along the raypaths. 3) Imaging results using different velocity models, from isotropic (left) via a vertical-TI (VTI) model (middle) to the correct TTI model (right). The actual reflectors are superimposed in green. The match between reflectors and PSDM images is best for the TTI model.

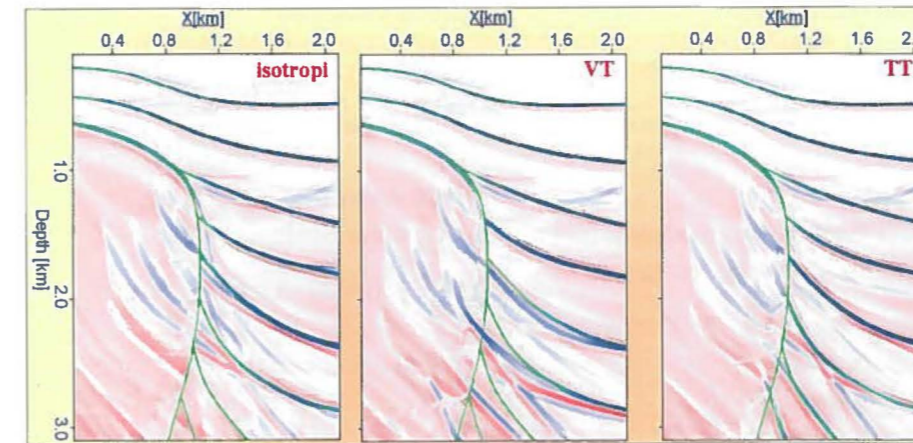


## Strålebasert seismisk avbildning

■ NORSAR ble i 2007 tildelt et treårig forskningsprosjekt innen seismisk avbildning (PSDM = Pre-Stack Depth Migration), finansiert av Norges forskningsråd. Selv om PSDM har blitt studert ved NORSAR i flere år og har frembrakt nye tilnærminger innen modellering, blant annet den patenterte metoden SimPLI, (simulerer PSDM i det nye softwareproduktet SeisRoX som kom på markedet sist november) er prosjektet det første som fokuserer på dette temaet alene.

■ Prosjektet gir NORSAR anledning til å vise nye idéer gjennom prototypeteknologi, der også andre forskningsaktiviteter innen seismisk modellering (strålemodellering, bergartsfysikk, hastighetsberegning, osv.) integreres i nye, komplementære konsepter. Fig. 5 viser et eksempel på PSDM i anisotrop medium, i dette tilfellet TTI (tilted transverse isotropy), som er den mest avanserte form for anisotropi petroleumsindustrien hankes med. NORSARs software for strålemodellering er blitt videreutviklet for bedre tilpasning til PSDM (større effektivitet, etc.) gjennom en virkningsfull anvendelse av en passende koordinattransformasjon. Figuren viser tre avbildninger av et TTI datasett generert med seneste versjon av NORSAR-3D strålemodellering, der hastighetsmodellene som er benyttet ved avbildningen er hhv isotrop, vertikal transvers isotrop (VTI), og den virkelige TTI. Som forventet legger avbildningen reflektorene i det sanne dyp bare for tilfellet TTI. Dette illustrerer også viktigheten av et korrekt hastighetsfelt ved PSDM for god avbildning av geologiske strukturer. I denne sammenheng er kombinert avbildning og tomografisk hastighetsberegning særdeles viktig.

Fig. 5. PSDM (avbildning) i anisotrope modeller: 1) modell med 6 anisotrope lag av TTI-type. 2) Lokalt koordinatsystem benyttet for strålemodellering for effektiv beregning av avbildningsparametre i anisotrope media med rotasjon langs strålebanene. 3) Avbildning, med forskjellige hastighetsmodeller fra isotropt til venstre via vertikal\_TI (VTI) i midten og til TTI til høyre, er vist med blå og rød farge. De sanne reflektorene er inntegnet med grønn farge, og viser at overensstemmelsen er best for TTI-modellen.



# Organisasjon Organization

Program 1:

## Nasjonalt Datasenter

National Data Center (NDC)

Jan Fyen - Programleder  
Ulf Baadshaug  
Bernt Kr. Hokland  
Paul W. Larsen  
Kjell Arne Løken  
Berit Paulsen  
Michael Roth  
Jørgen Torstveit

Program 2:

## Seismologi og prøvestanskontroll

Array Seismology and Monitoring Research

Tormod Kværna - Programleder  
Steven John Gibbons  
Svein Mykkeltveit  
Myrto Pirl  
Frode Ringdal  
Johannes Schweitzer

Program 3:

## Jordskjelv og miljø

Earthquakes and the Environment

Conrad Lindholm - Programleder  
Hilmar Bungum  
Jan Inge Faleide  
Hom Nath Gharti  
Daniela Kühn  
Dominik Lang  
Volker Oye

Program 4:

## FoU Seismisk modellering

Seismic Modelling Research

Håvar Gjøllystaldal - Programleder  
Einar Iversen  
Tina Kaschwich  
Isabelle Lecomte

Program 5:

## SW Produktutvikling

Software Product Development

Arve E Mjelva - Programleder  
Håkan Bolin  
Kamran Iranpour  
Håvard Iversen  
Lars W. Lind  
Stein Inge Moen  
Andreas Paulsen  
Ludovic Pochon-Guerin  
Ketil Åstebøl

Program 6:

## Anvendt seismisk modellering

Applied Seismic Modelling

Åsmund Drottning - Programleder  
Mona Andersen (permisjon)  
Endre Vange Bergfjord  
Camilla Thorsen Dræge  
Tor Arne Johansen  
Tommy Rasmussen  
Lars Zühlsdorff

## Administrasjonsenhet

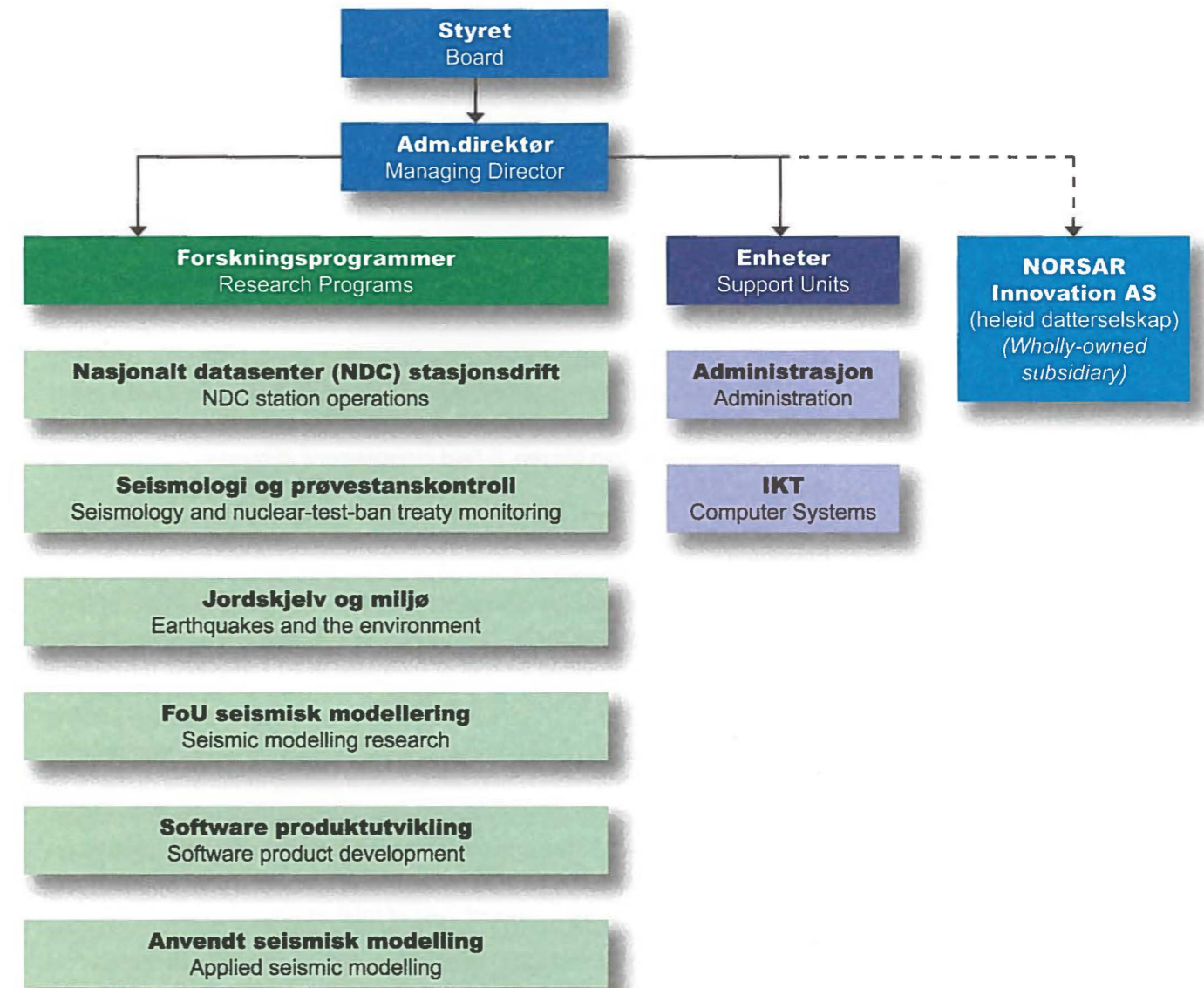
Administration

Anders Dahle - Adm. direktør  
Gunn Berget  
Rune Lindvik  
Winnie Lindvik  
Linda Loughran  
Marion Lohne Mykkeltveit  
Mette Berg Sandvold  
Turid Schøyen

## IKT enhet

Computer Systems

Nils Schøyen - Leder IKT enhet  
Vidar Døhli  
Frode Johansen





## Annual Report 2007

- NORSAR is an independent foundation established for the purpose of conducting research and development in the areas of geophysics and geophysical software, and to act as a national resource center for verifying compliance with the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT).
- NORSAR is one of the group of 14 technical-industrial research institutions which receive governmental support through the Research Council of Norway.
- NORSAR's activities are organized within six research programs, together with an administrative section and an IT-department. NORSAR Innovation AS, a fully owned subsidiary of the NORSAR Foundation, has been established to carry out the commercial activities in connection with marketing and sales of NORSAR software and services.
- NORSAR has its headquarters at Kjeller, with a branch office for seismic modelling located in Bergen. NORSAR's field installations are situated in Hedmark (southern Norway), Finnmark (northern Norway) and on the islands of Spitsbergen and Jan Mayen. A field maintenance section is located at Hamar.

### Economy

- NORSAR's gross revenue during 2007 was 53.5 MNOK (48.4 MNOK in 2006). The operating profit was 1.42 MNOK (0.7 in 2006). Including financial transactions, which provided a profit of 0.44 MNOK (0.1 in 2006), the overall profit in 2007 was 1.86 MNOK, (0.9 in 2006).
- NORSAR's operating profit corresponds to 2.6% of the total revenues for 2007 (1.5% in 2006) and NORSAR's capital assets at the end of the year comprised 62.5% of total assets (62.7% in 2006). For comparison, the Norwegian Ministry of Trade and Industry has established target guidelines for the research institutions corresponding to an operating profit of 3% of total revenues and capital assets of 30% of total assets.
- NORSAR is exposed to financial risk through fluctuations in exchange rates. The risk is sought mitigated through contract clauses allowing for rate adjustments where possible, and otherwise through forward contracts with the bank for about 50% of the total volume of foreign currency. NORSAR has no debt, and is therefore exposed to fluctuations in interest rates only for its liquid assets.
- Traditionally, NORSAR has had very few losses due to non-paying customers. Gross credit risk (receivable from debtors) by 31 December 2007 is 14.60 mill NOK, (19.78 in 2006) for the consortium (including NORSAR Innovation) and 9.27 mill NOK (15.02 in 2006) for the NORSAR Foundation alone.
- The liquidity is satisfactory, and consequently no decision has been made to change the liquidity risk. No transactions of stocks or bonds have been carried out.
- The Board considers the annual report to present an accurate view of the NORSAR Foundation's assets and obligations, financial situation and operating profit.

## Årsberetning 2007

- Stiftelsen NORSARs formål er å drive forskning og utvikling innen geofysiske og datatekniske fagområder, samt å fungere som nasjonalt kompetanse- og driftssenter knyttet til avtalen om forbud mot kjernefysiske prøvesprengninger.
- NORSAR er ett av til sammen 14 teknisk-industrielle forskningsinstitutter som mottar statlig støtte til sin forskning gjennom Norges forskningsråd.
- Virksomheten er organisert i seks forskningsprogrammer, en enhet for administrasjon og en enhet for IKT. Kommersiell virksomhet med utspring i NORSARs forskning og utvikling ivaretas av det heleide datterselskapet NORSAR Innovation AS.
- NORSARs hovedkontor er lokalisert i Instituttveien 25, 2007 Kjeller, Skedsmo kommune. Et av forskningsprogrammene er lokalisert i Thormøhlensgate 55, Bergen. Feltnettene ligger i Hedmark, i Finnmark, på Svalbard og Jan Mayen. Et vedlikeholdssenter for feltnettene er lokalisert i Ajerhagan 98, Hamar.

### Økonomi

- Driftsinntektene beløp seg i 2007 til 53.5 mill kroner (48.4 mill kroner i 2006). Driftsresultatet ble 1.42 mill kroner (0.7 i 2006). Finanspostene summerer seg til 0.44 mill kroner (0.1 i 2006), og totalresultatet ble 1.86 mill kroner (0.9 i 2006).
- Driftsresultatet tilsvarer en resultatgrad på 2.6 % (1.5 % i 2006) av driftsinntektene, og egenkapitalen beløp seg til 62.5 % (62.7 % i 2006) av totalkapitalen. Nærings- og handelsdepartementets målsetting for instituttsektoren er til sammenligning hhv 3% for resultatgraden og 30% for egenkapitalandelen.
- Stiftelsen er eksponert for finansiell markedsrisiko ved endring i valutakurser. Risikoen søkes redusert ved oppdragsavtaler med justering for valutaendringer der det er oppnåelig og terminavtaler for om lag 50% av valutastrømmen. Stiftelsen har ikke gjeld, og er derfor bare eksponert for endringer i rentenivået på innskuddsmidler.
- Historisk sett har det vært få tap på fordringer mot Stiftelsens kunder. Brutto kreditrisiko for kundefordringer pr 31.12.07 utgjør 14.60 mill kroner (19.78 i 2006) for konsernet og 9.27 mill kroner (15.02 i 2006) for Stiftelsen.
- Stiftelsens likviditet er tilfredsstillende, og det er ikke besluttet å innføre tiltak som endrer likviditetsrisikoen. Obligasjoner er ikke vurdert reforhandlet eller innløst.
- Styret anser at årsregnskapet gir et rettviseende bilde av Stiftelsen NORSARs eiendeler og gjeld, finansielle stilling og resultat.

## Perspectives

■ For NORSAR's long term sustainability, a positive balance of income and expenditures is required. The income consists partly of public, partly of private financing. The public financing is dependent upon the political agenda, whereas the private financing largely depends upon the overall economy and market conditions. Both types of income carry risk and represent significant financial challenges to NORSAR.

■ Public financing is achieved mainly for those activities that the Norwegian Ministry of Foreign Affairs have assigned to NORSAR as the CTBT National Data Center, together with research contracts for the European Commission, The Research Council of Norway, The US Department of Energy and the US Department of Defense.

■ The budget for operating the CTBT monitoring facilities is facing continued pressure, and at the same time, the future of the test ban treaty is uncertain. Entry into force of the treaty requires ratification by additional countries, including the United States, and the result from the upcoming presidential election in the US is considered to be an important factor in this perspective.

■ The research programs within the European Union and the Research Council of Norway are not always equally relevant to NORSAR. The seismological research within EU mainly concerns earthquake risk, whereas the Research Council does not have seismological research as a topic. NORSAR hopes that the new funding system for the research institutions, scheduled to be effective from 2009, will provide some additional free base funding that could be used in seismological research.

■ NORSAR has had considerable success with the most recent call for proposals for monitoring research from the US Government. Both of the two new research projects proposed by NORSAR were funded, and this reconfirms the quality and relevance of NORSAR's research in this field.

■ NORSAR's income from non-governmental sources is mainly generated by contracts with the subsidiary NORSAR Innovation AS. To a large extent, these contracts are obtained in an international market, and are priced in US dollars. The declining dollar exchange rate in the past several years have significantly reduced the income in Norwegian currency. Beginning January 2008, NORSAR's software products will be priced in Euros for new contracts, but this is not expected to make a significant impact on the financial situation until 2009. Any real increase in income must therefore be achieved through increased sales volume. The market outlook is considered positive for 2008, and NORSAR has budgeted a substantial increase in the sales for this year. This projection takes into account the launching in late 2007 of the new software product for seismic reservoir modelling, SeisRoX..

■ Among the expenditures, there has recently been an increase in the pension costs, partly as a result of the Norwegian pension reform. Some of this increase is a temporary compensation for shortfall in payments during previous years, and from 2010 it is hoped that the pension costs will be reduced to a more normal level.

## Framtidsutsikter

■ Et økonomisk bærekraftig forskningsinstitutt krever en positiv balanse mellom inntekter og utgifter over tid. NORSARs inntektsside består av en blanding av offentlig og privat finansiering der den offentlige finansieringen styres av den politiske agenda og tilhørende vedtak, mens den private avhenger mye av konjunkturer og marked. Både offentlig og privat finansiering representerer store utfordringer for NORSAR i form av økonomisk risiko.

■ Oppdrag med offentlig finansiering omfattes i hovedsak av de oppgaver NORSAR for Utenriksdepartementet er utpekt til å ivareta i egenskap av nasjonalt datasenter for prøvestansavtalen og forskningsprosjekter utlyst av Europakommisjonen (EC), Norges forskningsråd (NFR), US Department of Energy (DOE) og US Department of Defence (DOD).

■ Budsjettene for drift av prøvestansavtalens stasjoner er under press, samtidig som prøvestansavtalens framtid er usikker. Traktaten vil framover bli gjenstand for debatt både i de styrende organer ved CTBTO i Wien og i medlemslandene. For at avtalen skal kunne tre i kraft er det nødvendig at den blir ratifisert i flere land, deriblant USA, og resultatet av det kommende presidentvalget i USA er ansett å være viktig i denne sammenheng.

■ Forskningsprogrammene innen EU og Norges forskningsråd er ikke alle like relevante for NORSAR. Den seismologiske forskningen innen EU er i hovedsak knyttet til jordskjelvrisiko, mens NFRs forskningsprogrammer for instituttsektoren ikke har seismologi inne som tema. NORSAR kan håpe på at det nye finansieringssystemet for instituttsektoren, som trer i kraft i 2009, vil kunne tilføre instituttet noen frie midler som kan benyttes til seismologisk forskning.

■ NORSAR hadde stor suksess med prosjektforslag til den seneste utlysningen innen seismologi (mai 2007) fra amerikanske DOE. To søknader (av to innsendte) ble godkjent og bekrefter instituttets internasjonale kvalitet og relevans for denne typen forskning. Prosjektene representerer gode bidrag til virksomheten de neste 2-3 årene.

■ Inntekter som finansierer NORSARs private oppdragsportefølje, hovedsakelig for datterselskapet NORSAR Innovation AS, er i stor grad innhentet i et internasjonalt marked og priset i amerikanske dollar. Den svake dollarkursen de seneste år har redusert inntektsstrømmen i norske kroner, og indirekte påført NORSAR en svikt i oppdragsinntekter. Fra januar 2008 prises produktene i euro, for nye kontrakter, men dette vil trolig ikke få noen vesentlig økonomisk innvirkning før i 2009. En reell inntektsøkning i norske kroner må derfor framskaffes gjennom økte volumer, som mer enn kompensere for lavere dollarkurs. Markedet i 2008 anses som godt, og det legges opp til en betydelig økning i omsetning av software, også gjennom lanseringen i 2007 av det nye softwareproduktet for seismisk reservoarmodellering, SeisRoX.

■ På utgiftssiden er høye pensjonskostnader et faktum, dels som et resultat av opphevingen av det såkalte knekkpunktet i 2001, dels som et resultat av pensjonsreformen og de nylig anbefalte justeringene i parametre for beregning av pensjonskostnader. NORSAR er i 2008 inne i sitt 4. år (av antatt 5) med tilleggspremie i pensjonsinnbetalingen. Fra 2010 vil pensjonspremien forhåpentlig igjen komme ned på et normalnivå.

■ The Board considers the future prospects of NORSAR to be promising, and notes that the foundation is in a good financial position. In accordance with requirements in the Norwegian accounting legislation, the Board confirms that the annual accounts have properly taken into consideration the continued operation of the foundation.

#### Personnel and working environment

■ By the end of 2007, NORSAR had 47 employees, two of which were working at the field maintenance center at Hamar and five at the branch office in Bergen. A total of 44.6 man-years of work was conducted during 2007.

■ NORSAR is an equal opportunity employer. The foundation has established working conditions that provides equal opportunities for male and female employees with regard to recruiting, conditions of employment, and possibilities for professional development and advancement.

■ Total sick leave at NORSAR was 1.80% during 2005. Including sick leave due to children's sickness, the percentage was 2.13. No accidents or injuries have been recorded in connection with NORSAR's activities during the year.

■ The working environment at NORSAR is considered satisfactory. NORSAR encourages the improvement of this environment through an active dialog between employees and management, and through emphasis on HSE-work and quality assurance. NORSAR's activities do not contribute to environmental pollution.

■ NORSAR's future prospects depend on the efforts of each individual employee and their working together as a team. The Board of Directors thanks each individual for their contributions during the past year.



■ Styret vurderer samlet sett framtidsutsiktene som tilfredsstillende, og stiftelsen er i en god økonomisk stilling. Forutsetningen om fortsatt drift er lagt til grunn ved avleggelsen av årsregnskapet.

#### Personal og arbeidsmiljø

■ Pr 31.12.2007 var det 47 ansatte ved NORSAR, hvorav 2 hadde arbeidsplass ved feltavdelingen på Hamar og 5 ved kontoret i Bergen. Det ble utført 44.6 årsverk ved bedriften i 2007.

■ NORSAR har tilrettelagt arbeidsforholdene ved bedriften for arbeidstakere av begge kjønn og praktiserer kjønnsmessig likebehandling i saker som handler om rekruttering, ansettelsesbetingelser og utviklings- og avansementsmuligheter.

■ Fravær ved ansattes egen sykdom var på 1.80 %, og totalt fravær inkludert barns sykdom på 2.13 %. Det har ikke forekommet eller blitt rapportert arbeidsuhell eller ulykker knyttet til NORSARs virksomhet.

■ Arbeidsmiljøet anses som godt, men søkes kontrollert og opprettholdt gjennom aktiv dialog mellom ledelse og personale, internt HMS arbeid, og et system for kvalitetssikring. NORSARs virksomhet forurensar ikke det ytre miljø.

■ Bærekraften i forskningsinstituttet NORSAR handler ikke bare om økonomiske resultater, men også om faglige prestasjoner, omdømme og arbeidsmiljø. Styret takker hver enkelt ansatt for gode bidrag til dette i 2007.

Kjeller, 17. april 2008

Annik M. Myhre  
Styreleder

Hege Rognø  
Styremedlem

Arne Øfsthus  
Styremedlem

Tore Olsen Pran  
Styremedlem

Volker Oye  
Styremedlem

Anders Dahle  
Adm. direktør

## Økonomi Economy

### Resultatregnskap 2007 / Profit and Loss 2007

	2007	2006
Midler fra NFR <i>Grants from the Research Council of Norway</i>	13 382 407	12 394 498
Prosjektmidler fra UD <i>Funding by the Ministry of Foreign Affairs</i>	16 140 000	13 670 000
Andre salgs- og oppdragsinntekter <i>Other sales and project income</i>	23 994 925	22 320 400
<b>Sum driftsinntekter</b> <i>Total operating revenues</i>	<b>53 517 332</b>	<b>48 384 898</b>
Lønn og sosiale kostnader <i>Pay and social costs</i>	34 689 065	31 763 466
Avskrivninger / <i>Depreciation</i>	1 639 590	1 578 441
Prosjektrelaterte kostnader <i>Project expenses</i>	10 040 954	8 317 533
Administrative kostnader <i>Administrative expenses</i>	5 732 255	6 003 713
<b>Sum driftskostnader</b> <i>Total operating expenses</i>	<b>52 101 864</b>	<b>47 680 122</b>
Driftsresultat / <i>Operating result</i>	1 415 468	721 745
Netto finansposter <i>Net financial transactions</i>	440 742	138 565
<b>Resultat / Result</b>	<b>1 856 210</b>	<b>860 310</b>
Ekstraordinær inntekt <i>Extraordinary income</i>	0	0
<b>Arsresultat / Annual net result</b>	<b>1 856 211</b>	<b>860 310</b>

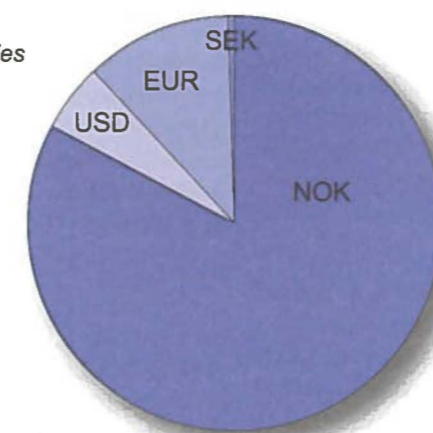
Inntektskilder  
Sources of revenue  
2007



### Balanse 2007 / Balance 2007

	2007	2006
<b>Eiendeler / Assets</b>		
Anleggsmidler / <i>Fixed assets</i>	25 056 819	24 956 722
Langsiktig lån til datterselskap <i>Long-term loan subsidiary company</i>	7 000 000	0
Oppdrag i arbeid / <i>Work in progress</i>	1 052 108	1 174 223
Debitorer / <i>Debitors</i>	9 272 678	15 017 510
Andre kortsiktige fordringer <i>Other short-term receivables</i>	950 634	463 845
Kasse, bank / <i>Cash, bank</i>	10 439 162	9 032 486
<b>Sum eiendeler / Total assets</b>	<b>53 771 401</b>	<b>50 644 786</b>
<b>Egenkapital / Equity</b>		
Grunnkapital / <i>Basic capital</i>	200 000	200 000
Overskuddsfond / <i>Share premium reserve</i>	843 000	843 000
Annen egenkapital / <i>Other equity</i>	31 823 812	29 211 835
Avsetning vedr. feltanlegg <i>Allocation field installations</i>	1 500 358	1 500 358
<b>Sum egenkapital / Total equity</b>	<b>34 367 170</b>	<b>31 755 193</b>
<b>Gjeld / Liabilities</b>		
Langsiktig gjeld / <i>Long-term debt</i>	2 485 926	1 150 491
Leverandørgjeld / <i>Suppliers</i>	2 156 488	2 044 251
Skyldige avgifter og skattetrekk <i>Tax withholding reserves</i>	3 343 405	3 615 041
Skyldig lønn og feriepenger <i>Payable salary and holiday pay</i>	3 133 374	3 717 730
Annen kortsiktig gjeld <i>Other short-term liabilities</i>	8 285 038	8 362 080
<b>Sum gjeld / Total liabilities</b>	<b>19 404 231</b>	<b>17 739 102</b>
<b>Sum egenkapital og gjeld</b> <i>Total equity and liabilities</i>	<b>53 771 401</b>	<b>50 644 786</b>

Inntekter – Valuta  
Revenue – Currencies  
2007



## Publikasjoner Publications

- Bungum, H. (2007): Numerical modelling of fault activities. *Computers & Geophysics*, 33, 808-820.
- Bungum, H. & C. Lindholm (2007): Capacity Building for Natural Disaster Mitigation in the Caribbean: Scenarios for Earthquake Induced Tsunamis. Report for NGI, 25 pp.
- Bungum, H. & C. Lindholm (2007): Tsunamigenic Seismic Sources in the North Sea, the Norwegian Continental Margin and the Norwegian-Greenland Sea. Report for NGI within the EU Transfer project, 18 pp.
- Bungum, H., E. Harmandar, V. Oye, C.D. Lindholm & B. Ertelmueller (2007): Adapting ShakeMap to Europe: Ground-motion relations and soil response, *Eos Trans. AGU*, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract S51A-0229.
- Chabassier, J. & J. Schweitzer (2007): Single small array regional localization using PMCC (ELOS2). In: *Semiannual Technical Summary*, 1 January - 30 June 2007, NORSAR Sci. Rep. 2-2007, Kjeller.
- Gibbons, S.J., M. Böttger Sørensen, D.B. Harris & F. Ringdal (2007): The detection and location of low magnitude earthquakes in northern Finland using multi-channel waveform correlation at regional distances. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 160, 285-309.
- Gibbons, S.J., F. Ringdal & T. Kværna (2007): Joint seismic-infrasonic processing of recordings from a repeating source of atmospheric explosions in Northern Finland. In: *Semiannual Technical Summary*, 1 January - 30 June 2007, NORSAR Sci. Rep. 2-2007, Kjeller.
- Gibbons, S.J., F. Ringdal & T. Kværna (2007): Joint seismic-infrasonic processing of recordings from a repeating source of atmospheric explosions, *J. Acoust. Soc. Am.*, 122, 5, EL158-EL164.
- Gibbons, S.J., D. Gubbins & K. Zhang (2007): Convection in rotating spherical fluid shells with inhomogeneous heat flux at the outer boundary. *Geophys. & Astrophys. Fluid Dyn.*, 101, 5, 347-370.
- Gibbons, S.J., F. Ringdal & T. Kværna (2008): Detection and characterization of seismic phases using continuous spectral estimation on incoherent and partially coherent arrays. *Geophys. J. Int.*, 172, 405-421.
- Gjøystdal, H., E. Iversen, I. Lecomte, T. Kaschwich, Å. Drottning & J. Mispel (2007): Improved applicability of ray tracing in seismic acquisition, imaging, and interpretation, *Geophysics*, 72, No. 5, SM261-SM271.
- Gjøystdal, H., Å. Drottning, I. Lecomte & M. Branston (2007): Advances in quantitative model-assisted seismic interpretation, *First Break*, Vol 25, pp 95-102.
- Havskov, J., P. Bormann and J. Schweitzer: IS 11.1: Earthquake location In: P. Bormann (ed.) (2006). *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, Chinese issue, State Seismological Bureau, Beijing, Seismological Press, 1003 pp., ISBN 7-5028-2867-2/P (3519), 2, 861-883.
- Iversen, E. & I. Psencik (2007): Ray tracing for continuously rotated local coordinates belonging to a specified anisotropy. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 51, 37-58.
- Iversen, E. & M. Tygel (2007): Time-to-depth mapping and imaging of time-migrated seismic data with inherent velocity estimation. *EAGE 69th Conference & Exhibition*, London, UK, 11-14 June 2007, paper # PO55.
- Iversen, E. & I. Psencik (2007): Ray tracing and inhomogeneous dynamic ray tracing for anisotropy specified in curvilinear coordinates. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 19-23 November 2007, paper # 0250.
- Iversen, E. & M. Tygel (2007): Image-ray tracing for joint 3D seismic velocity estimation and time-to-depth conversion. *Wave Inversion technology (WIT) consortium, annual report*, pp. xx-yy (pages not yet available).
- Iversen, E. & I. Psencik (2007): Ray tracing and inhomogeneous dynamic ray tracing for anisotropy specified in curvilinear coordinates. *Seismic Waves in Complex 3-D Structures*, Report 17 (Department of Geophysics, Charles University, Prague, 2007), pp. 79-83. Presented by I. Psencik at the annual meeting of the SW3D consortium, Prague, 18-19 June 2007.
- Iversen, E. & M. Tygel (2007): Time-to-depth mapping and imaging of time-migrated seismic data with inherent velocity estimation. *International Symposium "Making Waves about Seismics – a Tribute to Peter Hubral's achievements, not only in Geophysics, Geophysical Institute, University of Karlsruhe, Germany, 28 February 2007.*
- Klinge, K., J. Schweitzer and P. Bormann: DS 11.4: Record examples of underground nuclear explosions. In: P. Bormann (ed.) (2006). *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, Chinese issue, State Seismological Bureau, Beijing, Seismological Press, 1003 pp., ISBN 7-5028-2867-2/P (3519), 2, 660-664.
- Kværna, T, F. Ringdal & U. Baadshaug (2007): North Korea's nuclear test: the capability for seismic monitoring of the North Korean test site. *Seism. Res. Lett.*, 78/5, 487-496.
- Lang, D.H. & J. Schwarz (2007): The application of ambient seismic noise for engineering purposes. *NATO Advanced Research Workshop 'Increasing Seismic Safety by Combining Engineering Technologies and seismological Data'*, Dubrovnik, Croatia, September 2007.
- Lang, D.H., S. Molina Palacios & C.D. Lindholm (2007): The seismic risk and loss assessment tool SELENA and its applicability for (near)-real-time damage estimation. *International workshop on seismicity and seismological observations of the Baltic Sea region and adjacent territories*, September 10-12, 2007, Vilnius, Lithuania.
- Lang, D.H., S. Molina & C.D. Lindholm (2007): Towards near-real-time damage estimation using a CSM-based tool for seismic risk assessment. *Proceedings of the International Symposium on Earthquake Loss Estimation for Turkey (HAZTURK)*, September 2007, Istanbul, Turkey; accepted for publication in the *Journal of Earthquake Engineering*, Special Volume 23 (2008).
- Lang, D.H., R. Merlos, L. Holliday & M. López (2007): Vivienda de Bahareque, Bahareque houses in El Salvador. Report #141, *World Housing Encyclopedia*, Earthquake Engineering Research Institute, United States, reviewed.
- Lang, D.H., O.G. Flores & L. Holliday (2007): Vivienda de Adobe (adobe brick houses), *Adobe houses in Guatemala*. *World Housing Encyclopedia*, Earthquake Engineering Research Institute, United States, reviewed.
- Lecomte, I., I. Thollet, H. Juliussen & S.-E. Hamran (2007): Using geophysics on a terminal moraine damming a glacial lake: the Flatbre debris flow case, Western Norway, submitted to *Advances in Geosciences (EGU journal)*.
- Lecomte, I., M. Bano, S.-E. Hamran, E. Dalsegg, K.-M. Nielsen, M. Holst Nielsen, G. Douillet, E. Fréry, A. Guy & S. Volesky (2007): Submarine slides at Finneidfjord (Norway): geophysical investigations, proceeding, submitted and accepted for a talk at the 21st SAGEEP, Philadelphia, April 6-10, 2008.
- Lecomte, I., I. Thollet, H. Breien, A. Elverhøi, K. Høeg, H. Juliussen, S.-E. Hamran, M. Bagge-Lund, A. Souche & M. Sand (2007): Using geophysics on a terminal moraine damming a glacial lake: the Flatbre debris flow case, Western Norway: abstract, *EGU General Assembly 2007*, Vienna, April 16-20.
- Lecomte, I., H. Juliussen, S.-E. Hamran, I. Thollet, M. Bagge-Lund, A. Souche & M. Sand. (2007): Geophysical survey of a terminal moraine in Fjaerland, Norway: looking for ice after a major debris flow in 2004, abstract, 2nd Alexander von Humboldt International Conference, "The Role of Geophysics in Natural Disaster Prevention", Lima, March 5-9.
- Levshin, A.L., J. Schweitzer, Ch. Weidle, N. Shapiro & M. H. Ritzwoller (2007): Surface wave tomography for the Barents Sea and surrounding regions. *Geophysical Journal International*, 170, 441-459, 2007, doi: 10.1111/j.1365-246X.2006.03285.x
- Lin, Y., H. Wu, K. Ma, V. Oye, & H. Tanaka (2007): Microearthquake Observations in a 7-level Vertical Seismic Array in the TCDP Borehole, Taiwan, *Eos Trans. AGU*, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract S43A-1055.
- NORSAR (2007): *Seismic Hazard Assessment for the Crna Reka*

Hydropower Project, Macedonia. Report for Norconsult AS, 45 pp.

■ NORSAR (2007): Seismic Hazard Assessment for the Fredrikstad (Øra) LNG Project, Norway. Report for Statoil ASA, 36 pp.

■ Olivieri, M. and J. Schweitzer: An empirical procedure for rapid magnitude estimation in Italy. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 97, (5), 1750-1755, 2007, doi: 10.1785/0120060261

■ Oye, V., & W. E. Ellsworth (2007): Small-Scale Structures Derived From Microearthquake Locations Using SAFOD and HRSN Data, *Eos Trans. AGU*, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract T53C-03.

■ Oye, V., & W. E. Ellsworth (2007): Monitoring Microearthquakes with the San Andreas Fault Observatory at Depth, EAGE extended abstract, London, UK.

■ Piri, M., S.J. Gibbons & J. Schweitzer (2007): Application of array-based waveform correlation techniques to the detection of the 2003 Lefkada Island, Greece, aftershock sequence focusing on the very small aperture TRISAR array. In: *Semiannual Technical Summary*, 1 January - 30 June 2007, NORSAR Sci. Rep. 2-2007, Kjeller.

■ Piri, M. & J. Schweitzer (2007): Regional and teleseismic event detection capability of the small-aperture Tripoli seismic array, Greece. *Proceedings 11th Int. Congress of the Geological Society of Greece*, Athens, 24-26 May, 2007, Part 3, In: *Bull. Geol. Soc. Greece*, 40, 1246-1256, 2007

■ Ringdal, F., T. Kværna & S.J. Gibbons (2007): Towards a Nordic Regional Infrasonic Array Network. In: *Semiannual Technical Summary*, 1 January - 30 June 2007, NORSAR Sci. Rep. 2-2007, Kjeller.

■ Ringdal, F., S.J. Gibbons & D.B. Harris (2007): Adaptive waveform correlation detectors for arrays: Algorithms for autonomous calibration. In: *Proceedings 29th Monitoring Research Review*, Denver, Co., 26-28 September 2007, 444-453.

■ Ringdal, F., T. Kværna, S. Mykkeltveit, S.J. Gibbons & J. Schweitzer (2007): Basic research on seismic and infrasonic monitoring of the European

Arctic. In: *Proceedings 29th Monitoring Research Review*, Denver, Co., 26-28 September 2007, 955-964.

■ Ringdal, F. (2007a): *Semiannual Technical Summary*, 1 July – 31 December 2006. NORSAR Sci. Rep. 1-2007, Kjeller, Norway, February 2007.

■ Ringdal, F. (2007b): *Semiannual Technical Summary*, 1 January - 30 June 2007. NORSAR Sci. Rep. 2-2007, Kjeller, Norway, August 2007.

■ Ringdal, F., T. Kværna, S. Mykkeltveit, S.J. Gibbons & J. Schweitzer (2007): Basic research on seismic and infrasonic monitoring of the European Arctic. In: *Semiannual Technical Summary*, 1 July - 31 December 2007, NORSAR Sci. Rep. 2-2007, Kjeller, Norway.

■ Schwarz, J., Lang, D.H., and Abrahamczyk, L., Bolleter, W., Savary, C., Bikce, M., Genes, M.C., Kacin, S. (2007): Seismische Bauwerksinstrumentierung von mehrgeschossigen Stahlbetonbauwerken - Ein Beitrag zum SERAMAR Projekt. D-A-CH Tagung Wien/Austria, September 2007.

■ Schwarz, J., Lang, D.H., Kaufmann, C., and Ende, C. (2007): Empirical ground-motion relations for Californian strong-motion data based on instrumental subsoil classification. *Proceedings of the Ninth Canadian Conference on Earthquake Engineering*, Ottawa, Ontario, Canada, 2007.

■ Schweitzer, J.: PD 11.1: User manual for HYPOSAT (including HYPOMOD) In: P. Bormann (ed.) (2006). *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, Chinese issue, State Seismological Bureau, Beijing, Seismological Press, 1003 pp., ISBN 7-5028-2867-2/P (3519), 2, 909-927.

■ Schweitzer, J.: PD 11.2: User manual for LAUFZE and LAUFPS In: P. Bormann (ed.) (2006). *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, Chinese issue, State Seismological Bureau, Beijing, Seismological Press, 1003 pp., ISBN 7-5028-2867-2/P (3519), 2, 928-939.

■ Schweitzer, J.: OLDHAM, Richard Dixon (1858–1936) D. Gubbins & E. Herrero-Bervera (eds.) (2007): *Encyclopedia of Geomagnetism*

and Paleomagnetism, ISBN: 978-1-4020-3992-8, Springer, Dordrecht, xxvi + 1054 pp., 742-743

■ Schweitzer, J.: The birth of modern seismology in the nineteenth and twentieth centuries *Earth Sciences History*, 26, (2), 263-280, 2007

■ Schweitzer, J. & B.L.N. Kennett (2007): Comparison of location procedures – The Kara Sea event of 16 August 1997 *Bulletin Seismological Society America*, 97, 2, 389-400, 2007, doi: 10.1785/0120040017

■ Schweitzer, J., J. Fyen, S. Mykkeltveit & T. Kværna: Chapter 9: Seismic Arrays In: P. Bormann (ed.) (2006). *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, Chinese issue, State Seismological Bureau, Beijing, Seismological Press, 1003 pp., ISBN 7-5028-2867-2/P (3519), 1, 368-412.

■ Storchak, D.A., P. Bormann and J. Schweitzer: IS 2.1: Standard nomenclature of seismic phases. In: P. Bormann (ed.) (2006). *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, Chinese issue, State Seismological Bureau, Beijing, Seismological Press, 1003 pp., ISBN 7-5028-2867-2/P (3519), 2, 748-761.

■ Strasser F. O., J.J. Bommer, K. Şesetian, M. Erdik, Z. Çagnan, J. Irizarry, X. Goula, A. Lucantoni, F. Sabetta, I.E. Bal, H. Crowley & C. Lindholm (2007): A comparative study of European Earthquake loss estimation tools for a scenario in Istanbul. *Proceedings of the International Symposium on Earthquake Loss Estimation for Turkey (HAZTURK)*, September 2007, İstanbul, Turkey; accepted for publication in the *Journal of Earthquake Engineering*, Special Volume 23 (2008).

■ Svenningsen, L., N. Balling, B.H. Jacobsen, R. Kind, J. Schweitzer and K. Wylegalla (2007): Crustal thickness beneath the highlands of southern Norway from teleseismic receiver functions. *Geophys. J. Int.*, 170, 1129-1138, 2007, doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03402.x

■ Svenningsen, L., N. Balling, B.H. Jacobsen, R. Kind, K. Wylegalla & J. Schweitzer (2007): Accurate depth to

Moho beneath the highlands of southern Norway resolved by teleseismic receiver functions. *Geophys. Res. Abs.*, 9, 02719 (abstract) SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-02719

■ Vanneste, M., Westerdahl, H., Sparrevik, P., Madshus, C., Lecomte, I., Zühlsdorff, L. (2007): Shear-Wave Source for Offshore Geohazard Studies: A Pilot Project to Improve Seismic Resolution and Better Constrain the Shear Strength of Marine Sediments, proceeding, 2007 Offshore Technology Conference, Houston, 30 April–3 May.

■ Weidle, Ch., V. Maupin, J. Ritter, T. Kværna, J. Schweitzer, N. Balling, H. Thybo and J.I. Faleide (2007): MAantle investiGations of Norwegian Uplift Structure (MAGNUS) - a flying start into Topo Europe. *Geophys. Res. Abs.*, 9, 03820 (abstract) SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-03820

## Foredrag Presentations

■ Drottning, Å., I. Lecomte, H. Gjølystdal & M. Branston (2007): A workflow for modeling the overburden consistent seismic response of reservoir rocks, Challenges in Seismic Rock Physics, Summer Workshop, Beijing, 25-29 June.

■ Drottning, Å. (2007): SeisRoX: A new seismic reservoir modelling concept, Commercial presentation at the 69th EAGE Technical Exhibition, London, June.

■ Drottning, Å (2007): SeisRoX: A new seismic reservoir modelling concept, Commercial presentation at the 77th SEG Technical Exhibition, San Antonio, September.

■ Gibbons, S.J. (2007): Travel times of infrasonic signals from explosions in northern Finland, Seminar on seismic and infrasonic processing, 18 January 2007, Kjeller, Norway

■ Gjølystdal, H. (2007): Improved applicability of ray tracing in seismic acquisition, imaging, and interpretation, Presentation at the OSEG meeting, Oslo, 20. November.

■ Iversen, E., and Tygel, M. (2007): Time-to-depth mapping and imaging

of time-migrated seismic data with inherent velocity estimation. International Symposium "Making Waves about Seismics -- a Tribute to Peter Hubral's achievements, not only in Geophysics, Geophysical Institute, University of Karlsruhe, Germany, 28 February 2007.

■ Iversen, E., and Tygel, M. (2007): Time-to-depth mapping and imaging of time-migrated seismic data with inherent velocity estimation. EAGE 69th Conference & Exhibition, London, UK, 11-14 June 2007, paper # PO55.

■ Iversen, E., and Psencik, I. (2007): Ray tracing and inhomogeneous dynamic ray tracing for anisotropy specified in curvilinear coordinates. Seismic Waves in Complex 3-D Structures, Report 17 (Department of Geophysics, Charles University, Prague, 2007), pp. 79-83. Presented by I. Psencik at the annual meeting of the SW3D consortium, Prague, 18-19 June 2007.

■ Iversen, E., and Psencik, I. (2007): Ray tracing and inhomogeneous dynamic ray tracing for anisotropy specified in curvilinear coordinates. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 19-23 November 2007, paper # 0250.

■ Iversen, E., and Tygel, M. (2007): Image-ray tracing for joint 3D seismic velocity estimation and time-to-depth conversion. Wave Inversion technology (WIT) consortium, annual report, pp. xx-yy (pages not yet available).

■ Jacobs, F., B. Tittel, M. Börngen & J. Schweitzer (2007): Das Mintrop-Patent D.R.P.371963 - Im Namen des Reichs. 67. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Aachen 26 - 29 March.

■ Kühn, D., V. Oye & M. Roth (2007): Beobachtung und Analyse von mikroseismischen Daten - Anwendungsbeispiele aus NORSAR's Forschungsprojekten. 1st group meeting on local monitoring/analysis of microseismic and microacoustic data, Hannover, Germany.

■ Kvaerna, T. (2007): Seismic threshold monitoring of the North Korea nuclear test site, Seminar on seismic and infrasonic processing, 18 January 2007, Kjeller, Norway

■ Lecomte, I. (2007): ICG Theme 1: Geophysics for Geohazards in 2007, ICG Annual Workshop, December, Oslo.

■ Lecomte, I. (2007): Offshore geohazards and oil exploration/production, invited lecturer, Geophyse Days, EOST, University of Strasbourg, November 22.

■ Lecomte, I. (2007): Seismic imaging for non-geophysicists, SVALEX 2007 field course, August, Svalbard Archipelago.

■ Lecomte, I. (2007): Modern applications of ray methods in seismic acquisition, imaging, and interpretation, invited lecturer, ETH, Zurich, May 10.

■ Oye, V. & M. Roth (2007): Passive seismic monitoring of microearthquakes in mines and hydrocarbon reservoirs. EAGE workshop "Active and Passive Seismic Permanent Sensors in the Hydrocarbon and Mining Industries - A Step Towards the Fully Instrumented Field"

■ Oye, V., M., Roth, H. Bungum, 2007. Automatic Monitoring of Microearthquakes: Examples from the San Andreas Fault Observatory at Depth, from a deep ore mine in Finland and from an active rock slide in - Norway. Invited lecture at GFZ, Potsdam, Germany.

■ Piri, M., S. Gibbons & J. Schweitzer (2007): Application of array-based waveform correlation techniques to detection and relocation for the 2003 Lefkada Island, Greece, aftershock sequence focusing on the very small aperture TRSAR array IUGG, XXIV General Assembly, Perugia, 2-13 July 2 -13 (poster)

■ Piri, M. & J. Schweitzer (2007): Regional and teleseismic event detection capability of the small-aperture Tripoli seismic array, Greece. 11th Int. Congress of the Geological Society of Greece, Athens, 24-26 May (poster)

■ Piri, M. & J. Schweitzer (2007): Regional and teleseismic event detection capability of the small-aperture Tripoli seismic array, Greece. IUGG, XXIV General Assembly, Perugia, 2-13 July (poster)

■ Ringdal, F., S.J. Gibbons & D.B. Harris (2007): Adaptive waveform correlation detectors for arrays:

Algorithms for autonomous calibration. (Poster presentation) 29th Monitoring Research Review, Denver, Co., 26-28 September 2007.

■ Ringdal, F., T. Kvaerna, S. Mykkeltveit, S.J. Gibbons & J. Schweitzer (2007): Basic research on seismic and infrasonic monitoring of the European Arctic. (Poster presentation) 29th Monitoring Research Review, Denver, Co., 26-28 September 2007.

■ Ringdal, F., T. Kvaerna, & S.J. Gibbons (2007): Detection of Low-Magnitude Seismic Events using Array-Based Waveform Correlation, EGU General Assembly 2007, Vienna, Austria

■ Ringdal, F. (2007): Infrasonic processing at NORSAR - case studies, Seminar on seismic and infrasonic processing, 18 January 2007, Kjeller, Norway

■ Roth, M. & L.H. Blikra (2007): Passive seismic monitoring of a hazardous rock slope, EGU Lima, Peru. 2nd Alexander von Humboldt Conference: The Role of Geophysics in Natural Disaster Prevention. 5 - 9 March 2007.

■ Roth, M. & L.H. Blikra (2007): Seismic monitoring of the unstable Aaknes rock slope, Norway. EGU General Assembly Vienna, Austria, 15 - 20 April 2007.

■ Roth, M. Blikra, L. H. (2007): Passive seismic monitoring of the Åknes rock slope, Møre og Romsdal, Norway. 38th Nordic Seismology Seminar, Helsinki, Finland. 13 - 15 June 2007

■ Roth, M. & L.H. Blikra (2007): Passive seismic monitoring at Åknes, Åknes/Tafjord project - Workshop Varenna, Italy. 2 - 4 May 2007.

■ Roth, M. & V. Oye (2007): Microseismic monitoring research at NORSAR. Invited presentation at OMV, Austria.

■ Schweitzer, J. (2007): Infrasonic observations of two recent meteor impacts in Norway, Seminar on seismic and infrasonic processing, 18 January 2007, Kjeller, Norway

■ Schweitzer, J. (2007): Untersuchungen zum Nordseebeben vom 7. Januar 2007. 67. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Aachen 26 - 29 March.

■ Schweitzer, J. & B. Paulsen (2007): Testing the AK135 model for locating seismic events in the wider Fennoscandia-European Arctic region. IUGG, XXIV General Assembly, Perugia, 2-13 July (invited poster)

■ Svenningsen, L., N. Balling, B.H. Jacobsen, R. Kind, K. Wylegalla & J. Schweitzer (2007): Accurate depth to Moho beneath the highlands of southern Norway resolved by teleseismic receiver functions. EGU, General Assembly, Vienna (poster)

■ Weidle, Ch., V. Maupin, J. Ritter, T. Kvaerna, J. Schweitzer, N. Balling, H. Thybo & J.I. Faleide (2007): MAantle investiGations of Norwegian Uplift Structure (MAGNUS) - a flying start into Topo Europe. 67. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Aachen 26 - 29 March (poster)

■ Weidle, Ch., V. Maupin, J. Ritter, T. Kvaerna, J. Schweitzer, N. Balling, H. Thybo & J.I. Faleide (2007): MAantle investiGations of Norwegian Uplift Structure (MAGNUS) - a flying start into Topo Europe. EGU, General Assembly, Vienna (poster)

## Diverse

### Web

■ ICG Theme 1 activities, Geophysics for Geohazards: <http://www.geohazards.no/projects/geophys.htm>

## Student reports

■ Mouyen, M. (2007): Quality control and user documentation for a new seismic modelling software (SeisRoX), Dipl. Eng. Thesis in Geophysics, EOST, University of Strasbourg.

■ Fréry, E. (2007): Seismic velocities of the unstable rock slope site at Åknes, Norway, summer job student report, NORSAR/ICG internal document.

**NORSAR**

**Postboks 53, Instituttveien 25  
N-2027 Kjeller, Norge**

**Tel: +47-63-805900**

**Fax: +47-63-818719**

**Email: [info@norsar.no](mailto:info@norsar.no)**

**Web: [www.norsar.no](http://www.norsar.no)**

Layout: Nygaard Design

Trykk: Interface Media as

Bildet på forsiden ble tatt av J. Fyen, NORSAR under et tjenestereise til det nasjonale datasenteret i Kirgisistan.

*The picture on the cover was taken by J. Fyen, NORSAR, during a project visit to the National Data Center in Kyrgyzstan.*