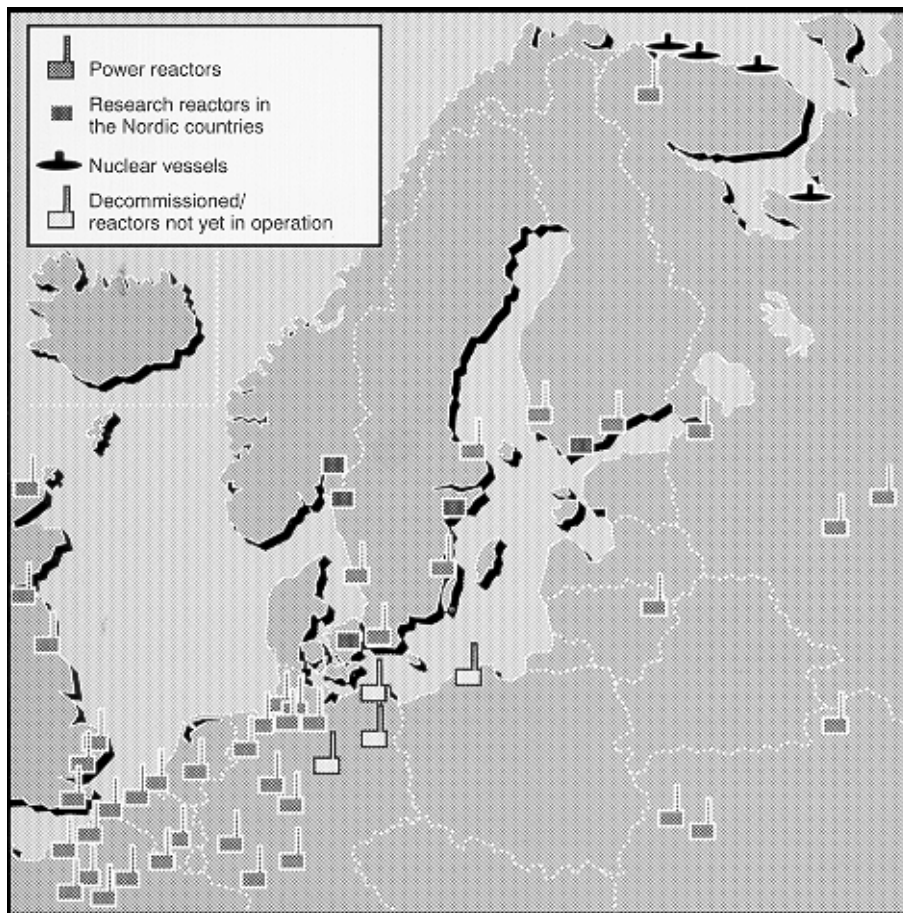


Final Summary Report of Nordic Nuclear Safety Research, NKS



nks

Nordic Nuclear Safety Research (NKS)

organizes joint four-year research programs involving some 300 Nordic scientists and dozens of central authorities, nuclear facilities and other concerned organizations in five countries. The aim is to produce practical, easy-to-use background material for decision makers and help achieve a better understanding of nuclear issues.

To that end, the results of the fifth four-year NKS program (1994 – 1997) are herewith presented in a series of final reports comprising reactor safety, waste management, radioecology, nuclear emergency preparedness and information issues. Each report summarizes one of the ten projects carried out during that period, including the administrative support and coordination project. A special Summary Report, with a brief résumé of all ten projects, is also published. Additional copies of the reports on the individual projects can be ordered free of charge from the NKS Secretariat.

The final reports – together with some technical reports and other material produced during the 1994 – 1997 period – have been collected on a CD-ROM, also available free of charge from the NKS Secretariat.

klæbel's offset tryk a-s
2000

NKS(97)FR10
ISBN 87-7893-031-6

The report is published by:

NKS Secretariat
PO Box 30
DK-4000 Roskilde

Phone +45 4677 4045

Fax +45 4677 4046

<http://www.nks.org>

e-mail annette.lemmens@catscience.dk

NKS(97)FR10
ISBN 87-7893-031-6

Final Summary Report of the Nordic Nuclear Safety Research Program

1994 – 1997

Sammanfattning av det nordiska forsknings- programmet för kärnsäkerhet

Editors: Torkel Bennerstedt and Annette Lemmens
November 1999

This is NKS

NKS (Nordic Nuclear Safety Research) is a scientific cooperation program in nuclear safety, radiation protection and emergency preparedness. Its purpose is to carry out cost-effective Nordic projects, thus producing research results, exercises, information, manuals, recommendations, and other types of background material. This material is to serve decision-makers and other concerned staff members at authorities, research establishments and enterprises in the nuclear field.

The following major fields of research are presently dealt with: reactor safety, radioactive waste, radioecology, emergency preparedness and information issues. A total of nine projects have been carried out in the years 1994 – 1997.

Only projects that are of interest to end-users and financing organizations have been considered, and the results are intended to be practical, useful and directly applicable. The main financing organizations are:

- The Danish Emergency Management Agency
- The Finnish Ministry for Trade and Industry
- The Icelandic Radiation Protection Institute
- The Norwegian Radiation Protection Authority
- The Swedish Nuclear Power Inspectorate and the Swedish Radiation Protection Institute

Additional financial support has been given by the following organizations:

In Finland: Ministry of the Interior; Imatran Voima Oy (IVO); Teollisuuden Voima Oy (TVO)

In Norway: Ministry of the Environment

In Sweden: Swedish Rescue Services Board (SRV); Sydkraft AB; Vattenfall AB; Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. (SKB); Nuclear Training and Safety Center (KSU)

To this should be added contributions in kind by several participating organizations.

NKS expresses its sincere thanks to all financing and participation organizations, the project managers and all participants for their support and dedicated work, without which the NKS program and this report would not have been possible.

Disclaimer

The views expressed in this document remain the responsibility of the authors and do not necessarily reflect those of NKS.

In particular, neither NKS nor any other organization or body supporting NKS activities can be held responsible for the material presented in this report.

Abstract

This is a summary report of the NKS research program carried out 1994 – 1997. It is basically a compilation of the executive summaries of the final reports on the nine scientific projects carried out during that period. It highlights the conclusions, recommendations and other results of the projects.

Key words

Reactor safety; severe accidents; radioactive waste; waste disposal; radioecology; emergency preparedness; information; risk communication; measurements; quality assurance; models; computer codes.

Table of Contents

This is NKS	iii
Disclaimer	iv
Abstract	iv
Key words	iv
Summaries	1
RAK-1: Strategy for Reactor Safety	3
RAK-2: Prevention of Severe Reactor Accidents	7
AFA-1: Safety in Waste Disposal	12
EKO-1: Marine Radioecology	15
EKO-2: Long Ecological Half-Lives in Semi-Natural Systems	22
EKO-3: Preparedness Strategy and Procedures	24
EKO-4: Emergency Preparedness Exercises and Information	27
EKO-5: Preplanning of Early Clean-Up	31
SAM-4: Overriding Information Issues	33
Sammenfatninger	39
RAK-1: Strategi for reaktorsikkerhet	41
RAK-2: Sikkerhet mot utslipp ved reaktorhaverier	46
AFA-1: Sikkerhet ved slutförvaring av avfall	51
EKO-1: Marin radioekologi	53
EKO-2: Lange ökologiske halveringstider i semi-naturlige systemer	60
EKO-3: Beredskapsstrategi og -procedure	63
EKO-4: Beredskapsøvelser og informasjon	67
EKO-5: Förplanering av tidiga saneringsåtgärder	71
SAM-4: Övergripande informationsfrågor	73
SAM: Samordningsfunktion	77

Nordic Nuclear Safety Research

Program 1994 – 1997

Summaries

RAK-1: Strategy for Reactor Safety

Project leader: Kjell Andersson, Karinta-Konsult

The general objective of the NKS/RAK-1 project was to explore strategies for reactor safety as applied in Finland and Sweden. On a more concrete level the project aims were to investigate and evaluate the safety work, to increase realism and reliability of the safety analysis, and to give ideas for how safety can be improved in selected areas. The project has consisted of five subprojects:

- RAK-1.1 made a survey of safety work in nuclear installations, and addressed the issue how we can assess the suitability and effectiveness of the safety work
- RAK-1.2 tackled the problem of how to improve WASH-1400 values for LOCA frequencies for pipe ruptures and explored LOCA risk dominating mechanisms
- RAK-1.3 addressed how complex event sequences can be analyzed with new approaches integrating different disciplines. The concept of Integrated Sequence Analysis (ISA) was introduced
- RAK-1.4 discussed how we can optimize maintenance and testing with improved maintenance strategies, and developed tools for this purpose
- RAK-1.5 was devoted to plant modernization and explored how we can meet up with modern safety standards

In this summary we briefly introduce some of the observations regarding the safety work that came out from subprojects 1 and 5, then we summarize other achievements made in the study.

Some observations regarding the safety work

Subproject 1 made an overview of the safety work in Finland and Sweden and comparisons between the two countries were made. The subproject report is based on extensive interview work done at utilities and authorities. Subproject 5 has explored how the needs for modernization of the plants are dealt with.

The operation of nuclear power plants demands considerably more resources than was earlier expected. Despite efforts toward increased efficiency, both utilities and authorities seem to be heavily engaged with work due to reasons such as plant modernization and plant renovations due to ageing degradation. A combination of more resources and higher efficiency seems to be the way forward. One factor that

needs to be taken into account in Sweden is the ongoing decentralization of responsibilities from the utility headquarters to the reactor sites and the individual reactor units. Generally, this is judged as a positive development provided the individual units get the “critical mass” of competence and other resources for key functions.

The resources and the working efficiency on part of the authorities are also important issues. There is, e.g., a need to evaluate selective approaches for reviewing safety-related modifications. There is accordingly a need to consider possible approaches with regard to increasing the efficiency of inspections and safety reviews performed by the authorities.

The RAK-1.5 report advises both the utilities and the safety authorities to actively follow the evolving safety standards for new reactors, e.g., the development of the European Directives. This is irrespective of whether new reactors are planned or not, since the new standards may have implications for assessing the safety of the existing reactors as well.

Some NKS/RAK-1 contributions to reactor safety

The NKS/RAK-1 project has contributed to the development of methods to evaluate and enhance reactor safety in many areas. Here some of the achievements are summarized.

Initiating event protection

NKS/RAK-1.2 has produced a model that calculates the probability that a given pipe weld will break due to intergranular stress corrosion (IGSCC). In cases when IGSCC dominates the LOCA frequencies, which may well be the case especially for large LOCAs, application of the model has potential to produce PSA results that are not based on WASH 1400 values, but on actual conditions. Such applications will be quite resource demanding since they require a much more detailed modelling of the pipe systems than is usually done in PSA. Furthermore, data will be needed on material data and loading for individual welds. The effort, however, will not just give new PSA results but also data for decisions on risk based in-service inspection.

The approach of probabilistic fracture mechanics needs to be further developed and, above all, applied in real PSA applications. Finally it must be emphasized that an increasing cooperation between PSA experts and fracture mechanics experts is of utmost importance for better estimations of LOCA frequencies.

Integrated sequence analysis

Development and application of methodologies for integrated sequence analysis (ISA) has been a major effort in NKS/RAK-1. There were several reasons for this:

- Problems with the traditional PSA/HRA approach with respect to human performance
- The dynamic evolution of disturbances with interaction between the technical and the human systems in a plant
- A need for feedback from the safety analysis to control room personnel and emergency operating procedures

The project started with methodological surveys that gave a basis for the NKS work. Different methodologies were then tested on four sequences with much of human interaction. The work gave many results and experiences of value for future work in the area. The tested methods showed capability for important contributions, e.g.,

- Structured frameworks for integration between PSA and behavioral sciences
- Improved PSA for certain sequences
- “Control room PSA”
- Improved knowledge about cognitive factors related to procedures
- Feedback to operator training
- Increased understanding of risks associated with maintenance outages
- Use of simulators for event analysis

The NKS project has led to initialization of a Concerted Action within the Nuclear Fission Safety Program of the European Union. The Concerted Action, in which Sweden, Finland and Norway participate from the Nordic countries, will considerably widen the perspective of methods compared to the NKS project.

Maintenance

Subproject 4 has contributed to the further development of maintenance programs by:

- Exploring the status of maintenance strategies and mapping needs for development in Finland and Sweden
- Development of a maintenance data information system (RelDAT). The system was first installed at the Barsebäck plant in Sweden

- Testing tools for decision analysis with respect to maintenance programs
- Bringing insights into the important issue of human errors in maintenance

It is believed that the NKS/RAK-1 contributions will be of value when the utilities develop their programs for reliability centered maintenance.

The future

Utilities and authorities should now evaluate NKS/RAK-1 achievements in order to see how they can be implemented in the safety programs. The active utility participation in the project as well as the organization with a coordinating group with representatives from both utilities and authorities should give good prerequisites for this.

The NKS/RAK-1 work has highlighted the need for more research and development in a number of areas: evaluation of complicated programs (such as nuclear safety); application of basic sciences in PSA; evaluation of LOCA frequencies; methods and tools for integrated sequence analysis; and further development of maintenance strategies.

RAK-2: Prevention of Severe Reactor Accidents

Project leader: Ilona Lindholm, VTT Energy

The RAK-2 project comprised three research areas:

- RAK-2.1 Studies of the consequences of selected severe accident scenarios and phenomena in Nordic nuclear reactors
- RAK-2.2 Development and testing of a computerized accident management support system (CAMS)
- RAK-2.3 Data collection on different mobile reactors and the British reactor types for extension of the Nordic database started in the previous NKS program covering the reactors in Nordic close neighborhood

The severe accident phenomenology part of the project focused on studying in-vessel melt progression and core coolability at various stages of a severe accident.

The first subtask was the investigation of core coolability in the original core boundary. The performed analyses suggest that fuel damage can be prevented, if core reflooding is started before the core temperature rises above 1800 K, even with as low an injection capacity as 45 kg/s. If water injection is initiated later, some fuel damage will be inevitable due to excessive heat release from metal oxidation. Performed analyses also showed that the core spray is more efficient in cooling of an overheated core than downcomer injection. Furthermore, on the basis of performed code calculations a small time window exists, where a large portion of the core is without absorber material while the fuel is still in an intact geometry. If reflooding is started during this time interval, the BWR is likely to reach recriticality.

The work with reflooding was succeeded by the evaluation of recriticality issues. The investigations showed that the fission power peak related to recriticality is strongly dependent on coolant injection rate, becoming higher with increasing the water injection rate. The performed Nordic calculations suggest that the first prompt power peak can be high (several times the nominal power) but has a short duration (the effective energy release is less than one full-power-second). The scoping studies for containment response to recriticality suggest that a stabilized power level of 20 % of the nominal power would be too high for prevention of containment failure with the current safety systems.

The project successfully initiated the development of computational tools for assessment of recriticality in BWRs and thus laid a foundation for continued work in the field in the framework of the EU SARA project in 1997 – 1998.

If core degradation proceeds to the so-called late phase, where core melt migrates into the lower head, the performed studies suggest that the RPV failure in an ABB type of BWR most likely occurs due to instrument tube nozzle failure. If the core debris is first fragmented and quenched during the fall through the deep water pool in the lower head, as predicted by the MELCOR/BH code, the instrument tube failure takes place at about 1 h after the lower head dryout. This is significantly later than with the assumption of instrument tubes being embedded in a homogeneous melt pool, where instrument nozzles were calculated to fail in less than one minute from the contact. However, these studies did not address in detail the core melt discharge out of the pressure vessel and the possible blocking of instrument tubes by refrozen debris. In such a case the RPV failure may take place later via a local creep rupture. Large differences exist in the code predictions (MAAP, MELCOR) for timing of local creep rupture, especially in the low pressure cases. In the high pressure cases the code predictions agreed better, suggesting that a local creep rupture occurs 1 – 3 hours from the lower head dryout.

The coolability of debris in the lower head by late reflooding was also predicted differently by the integral codes: MELCOR predicted that the metallic debris is not likely to be coolable by late reflooding due to effective oxidation in the rubble bed, whereas MAAP generally predicted more favorable results for coolability, largely due to assumed efficient heat transfer in a gap formed between the lower head wall and the debris bed.

Debris behavior in the lower head was investigated also at the Royal Institute of Technology (Kungliga Tekniska Högskolan, KTH). A 2-D numerical model was developed to address the heat transfer phenomena in a homogeneous, hemispherical melt pool. The developed model was applied to a reference BWR case to assess the lower head failure due to wall ablation (ignoring the possible structural/creep loading), with the result that with typical Nordic BWR initial and boundary conditions the ablation failure would occur in 2 – 5 hours. Also, the lower head hole ablation issue was studied by performing simulant material tests and by developing numerical models. The investigations supported the observation of fast hole growth and the 2-D character of the hole growth process.

The fourth topic that was addressed in RAK-2.1 was the effects of High Pressure Melt Ejection (HPME) on the containment. The performed numerical analyses suggest that the pedestal and the drywell will experience a pressure spike of up to 8 bar during the first minute of the HPME. Even more damaging to the containment penetrations may be the high gas temperatures in the containment; the predicted drywell gas temperatures were 800 – 1000 K. High gas temperatures are caused by release of highly superheated steam and by oxidation of metals in the discharged debris. Particularly the MELCOR/BH model predicts that the debris that is ejected through the failed instrument penetrations would have a very high metal content. In these studies the possible fuel coolant interaction issues were not addressed.

However, KTH also performed some analytical work on fuel-coolant interaction related issues. Results of the investigations suggest that the reason for rare occurrence of steam explosions with oxidic melt is the “toughness” or capability to resist fast fragmentation of a mushy particle. It is characteristic to oxidic melts to have a wider temperature range for the mushy region than metallic melts.

The source term analyses for Swedish PWRs with a mechanistic code combination were initiated in the RAK-2.1 project. This study was especially challenging considering the limited time frame available to complete it in the last year of the four-year period of the RAK-2 project. The work is still underway at the end of the RAK-2 project and will be continued with national financial resources. However, input files for Ringhals 2 for all needed computer codes were prepared and initial fission product inventories were calculated and primary circuit thermohydraulic and fission product analyses were started.

The second subproject of RAK-2 was the development and testing of a Computerized Accident Management System (CAMS). CAMS is a system that will provide support in normal states as well as in accident states. Support is offered in identification of the plant state, in assessment of the future development of the accident, and in planning of accident mitigation strategies. It does not give support in execution of the chosen mitigation strategy.

CAMS consists of a data acquisition module (DA), a signal-validation module (SV), a tracking simulator (TS), a predictive simulator (PS), a state-identification module (SI), a probabilistic safety assessment module (PSA), and a man-machine interface module (MMI). The work of these modules is coordinated by a module called the system manager (SM). In addition, there are the strategy generator (SG) and the critical function monitor (CFM); these two are not integrated into the present version of CAMS.

The first phase of the project (1992 – 1994), focused mainly on the following tasks:

- information needs during normal and accident conditions in an NPP
- methods that can be successfully applied to a CAMS system
- MMI and human factors requirements.

The Swedish Nuclear Inspectorate kindly accepted to test CAMS at a safety exercise on May 4, 1995. CAMS is designed assuming automatic data transfer from the plant. Missing the data link, a simulator running in the next room was updated now and then with data received over the phone. As seen from CAMS, it did not matter if the data came from a fake plant or from a real plant, except that the data were delayed. In general, it seemed that CAMS can be a useful tool for a national authority. A data link from the plant would increase the usefulness. Several comments on design features were collected, and will be used to improve the system.

The main purpose of the second phase of the project was to test the system in a simulated environment, to verify that the many developed functions, using different techniques, can work together producing the desired result in an efficient way:

- Develop and integrate modules like the Tracking Simulator, Signal Validation, State Identification, PSA, and Predictive Simulator. Evaluate how each task is performed, and identify advantages and drawbacks in the methods used.
- Design a functional structure able to coordinate and synchronize the activities that take place in all above-listed modules. The overall output of the CAMS system should then be able to satisfy the information needs.
- Design and test an appropriate user interface for different kinds of users, with different needs and knowledge.

During the CAMS design, considerable effort has been made to maintain the generality of the CAMS concept; although the referenced process has so far been a BWR plant, the use of this structure and design can be applied to other processes, including non-nuclear processes. An important feature of the system, in this respect, is that all the functions or modules are completely independent of each other and that modules can be removed, added or changed without affecting the rest of the system. Moreover, the external tools here used (APROS, GPS, Picasso-3, etc.) are just plugged into CAMS, so that other tools can be easily used, depending on the application. This solution is also in line with the “testing platform” concept cited above, where the need to test different solutions for a single module within the general CAMS framework (with other functions turned off) can be anticipated.

The third subproject of RAK-2 dealt with the investigation, collection, arrangement and evaluation of data of reactors in the Nordic neighborhood to be used by the Nordic nuclear preparedness and safety authorities.

The subproject was an extension of the previous NKS project SIK-3 (1990 – 1993), where data of selected reactors in Germany, Lithuania and Russia were collected. Thus, reactors in Great Britain have been included as well as satellite reactors. Extensive data reports were issued on each British reactor type: AGR, FBR, Magnox and PWR. In addition to normal nuclear power plants, data was collected on mobile reactors, including satellite reactors and submarine and ship reactors. Accidents on nuclear ships were also addressed. The descriptions of the mobile reactors were published as NKS/RAK-2 reports.

A computerized database has been prepared of nuclear power plants neighboring the Nordic countries. The objective of the database is to have easy access to the main data of the nuclear power stations neighboring the Nordic countries - mostly to be used by the nuclear safety authorities in case of an emergency situation.

This database includes the nuclear power plants covered in the SIK-3 project, i.e., plants within about 150 km distance from the border of a Nordic country, and the nuclear power plants in Great Britain.

The database is developed under Microsoft Access and can be easily implemented in various existing information systems. Currently, it is planned to be included in the information system under development by the Danish Nuclear Emergency Management Agency.

AFA-1: Safety in Waste Disposal

Project leader: Karin Brodén, Studsvik RadWaste

General

During 1994 – 1997 a project on the disposal of radioactive waste was carried out as part of the NKS program. The objective of the project was to give authorities and waste producers in the Nordic countries background material for determinations about the management and disposal of radioactive waste. The project was called NKS/AFA-1. It was divided into three subprojects: AFA-1.1, AFA-1.2 and AFA-1.3. AFA-1.1 dealt with waste characterization, AFA-1.2 dealt with performance assessment for repositories and AFA-1.3 dealt with Environmental Impact Assessment (EIA). The studies mainly focused on the management of long-lived low and intermediate level radioactive waste from research, hospitals and industry.

Representatives from all Nordic countries have participated in each of the sub-projects. Most of the work has been performed in a broad group of experts. This has contributed to a better understanding of the waste situation in the different countries and has also made it possible to learn from each other. Furthermore, in some cases it has contributed to common recommendations.

Waste characterization (AFA-1.1)

The AFA-1.1 study included an overview of waste categories in the Nordic countries and methods to determine or estimate the waste content. New available methods were presented based on answers to questionnaires that were sent out to suppliers.

The study also includes recommendations regarding the characterization of waste under treatment and the characterization of existing and old waste packages. It is advisable to, if possible, obtain information concerning waste under treatment. Classification of the waste according to physical and chemical composition is also most simply achieved during the treatment. However, when radioactive waste is handled, the dose rate measurement should be the first precaution prior to any other procedures. Reference nuclides can sometimes be used for estimations on isotopes which are difficult to measure.

New regulations for the inventory of a repository may demand new assessments of old radioactive waste packages. The existing documentation of a waste package is then the primary information source although additional measurements may be necessary.

Performance analysis (AFA-1.2)

The AFA-1.2 project dealt with the performance assessment of the engineered barrier system (near-field) of the repositories for low- and intermediate-level radioactive waste. The topic intentionally excluded the discussion of the characteristics of the geological host medium. Therefore, a more generic discussion of the features of performance assessment was possible independent of the fact that different host media are considered in the Nordic countries.

The results from the AFA-1.2 study include a short overview of different waste management systems existing and planned in the Nordic countries. However, the main emphasis of the study was a general discussion of methodologies developed and employed for performance assessments of waste repositories. Some of the phenomena and interactions relevant for generic types of repository were discussed as well. Among the different approaches for the development of scenarios for safety and performance assessments one particular method, the Rock Engineering System (RES), was chosen to be tested by demonstration. The possible interactions and their safety significance were discussed, employing a simplified and generic Nordic repository system as the reference system.

A short review of performance assessments carried out in the Nordic countries for actual projects concerning repositories for low- and intermediate-level waste was also included in the study.

Environmental impact assessment (AFA-1.3)

The results from the AFA-1.3 study include information on similarities and differences between the EIA in the Nordic countries and also a review of experiences from EIA in the countries, both within the nuclear field and outside the nuclear field.

The system for environmental impact assessment (EIA) in a country depends on the legislative structure, the application of legislation, administrative practice and general social objectives. It is therefore natural that the EIA systems differ from country to country, even if the directives of the European Community and internationally accepted principles are adopted. There are e.g. differences in the objectives for the EIA systems in the Nordic countries. The EIA system in Denmark must provide a guarantee that a specific assessment of environmental consequences for certain projects has been carried out at the level of the planning of site use. Emphasis should be placed on public participation and an open decision process. The EIA systems in Finland, Iceland and Norway must guarantee that a special assessment of environmental consequences has been carried out for certain projects. Emphasis should be placed on project planning and public participation. The EIA system in Sweden shall give the authorities a basis for assessment of the effect on environment, health, safety and general interests in accordance with the Swed-

ish Act on the Management of Natural Resources for a broad spectrum of projects. Differences can also be found regarding responsibilities for the Environmental Impact Statement (EIS). The proponent of the project is responsible for the EIS in Finland, Iceland, Norway and Sweden. The authority is responsible for the EIS in Denmark.

EKO-1: Marine Radioecology

Project leader: Sigurður Emil Pálsson, Geislavarnir ríkisins

In the original project plan for the NKS / EKO-1 project it was stated that:

The main aim of this project is to enable better and faster assessments to be made of the effects of releases of radionuclides to the marine environment, taking health and economic factors into account.

The last sentence reflects that policy makers often need to consider sources which are of relatively minor importance as health risks, but which can be of considerable concern for the public (and thus have a major effect on society, e.g. economically).

Assessments are generally based on models describing the main processes influencing the behavior of the radionuclides. In the marine ecosystem these main processes are:

1. water movement and mixing
2. sediment-water interaction
3. biological transfer (e.g. the uptake of radionuclides by fish)

Of these processes the interaction of sediments with water has been studied relatively less than the other main processes. It was therefore decided to focus the EKO-1 project work on radionuclides in sediments and water, and the interaction between them. Various site specific factors can affect this interaction, e.g. sedimentation rates. The ability of the sediment to bind radionuclides from sea water is also an important factor. This is described by the distribution coefficient (K_d) which gives the ratio of concentration of the radionuclide in sediments to that in water.

The EKO-1 project work was planned as follows:

1. *Model work* - Identifying, estimating and validating parameters of main interest
2. *Research*
 - 2a) *Field studies*:
 - 2a1) Environments typical for various Nordic regions
 - 2a2) Environments with special physical or chemical characteristics
 - 2b) *Laboratory studies*
3. *Dissemination of information* - Seminars, reports, articles

In the project work emphasis was also put on other aspects viewed to be important for the aim of the project:

- Quality assurance
- Use of internet technology for more efficient dissemination of information

- Maintaining a link with the related work done within NKS/EKO-2.3 on freshwater ecosystems
- Following what was being done internationally in a similar field and avoiding duplicate work
- Supporting developments of plans for a Nordic course on radioecology.

Increased Nordic competence and cooperation in marine radioecology

Maybe the most important outcome of the EKO-1 project is the increased Nordic competence and cooperation in marine radioecology, especially concerning the interaction of radionuclides with sediments. Only some of the Nordic countries had previously conducted their own research in this field and there had never been any joint Nordic research or compilation of sedimentation rates and levels of ^{137}Cs and $^{239+240}\text{Pu}$ in sediments. The quality of the research done is manifested in the scientific articles that have been published as a result of the project work. Furthermore the EKO-1 project work has formed the basis for one Ph.D. thesis finished in April 1997 and another will be finished in 1998. Two M.Sc. theses have also been finished based on the project work.

Models are a very important tool for assessing the (real or possible) consequences of releases of radionuclides to the environment. The most valuable resource for the decision maker are however the scientists who know the models and the parameters, and who know what can be predicted and with what accuracy. Every model, however good, needs a skilled interpreter.

Model studies

The EKO-1 project supported model studies for the Baltic Sea area and the long term effects of reactors dumped in the Kara Sea and from the Komsomolets submarine.

The model studies have shown that the collective dose to year 2050 to the population around the Baltic Sea is around 1400 manSv from Chernobyl fallout, 700 manSv from nuclear weapons fallout and 200 manSv from European reprocessing. Other sources such as nuclear installations contribute much less (1 manSv). The man-made radionuclides are however dwarfed by natural radionuclides such as Po-210, which gives 20000 manSv for the same period.

Model studies were also used to estimate the long term effects of the marine reactors dumped in the Kara Sea by the former Soviet Union. The collective dose to the world population truncated at 10000 years give a total dose of about 1 manSv.

The effects of possible releases from the Komsomolets submarine were investigated using model studies. The calculation of the dose was truncated after 1000 years. The total collective dose due to ingestion of seafood was estimated at 8 manSv.

Additionally the reliability of the model was tested by comparisons with measured values, sensitivity analysis and parameter uncertainty analysis. The analysis of uncertainty of collective doses showed that the predicted variability of the collective dose from dumping in Arctic waters is two orders of magnitude. Thus the collective dose quoted earlier is predicted at a level of 1 manSv and not to exceed 100 manSv.

Laboratory studies

The laboratory studies have helped to gain a better understanding of the water-sediment interaction process. They showed a variation in the distribution coefficient (K_d) with e.g. sediment type and salinity. The variation due to sediment types was an order of magnitude and the same types of sediments showed values of K_d that were up to two orders of magnitude higher in freshwater than seawater. This implies that e.g. floods moving contaminated sediments from freshwater systems to the sea could cause release of radionuclides from the sediments. The results from the laboratory studies are also important for model work where K_d is an important parameter. The studies provide a better understanding and quantification of the variability that can be expected in this important parameter.

Field studies

The field studies were divided into two main categories:

1. Environments with special physical or chemical characteristics (emphasis on processes)
2. Environments typical for various Nordic regions (emphasis on regional characteristics)

Environments with special physical or chemical characteristics (process studies)

The process studies focused mainly on the behavior of plutonium in sediments and its interaction with water. For 20 years there have been speculations about the possible remobilization of plutonium from sediments, but until now it had not been proven that it takes place. Special attention has been paid to possible releases under anoxic (oxygen deficient) conditions. Poor ventilation and organic releases causes anoxic conditions in considerable parts of the near bottom water in the Baltic Sea (about 19% of the total area). This situation can also occur in bays and fjords of Skagerak and Kattegat. A study at Framvaren Fjord, Norway, was the first to prove that remobilization is occurring and a model explaining the behavior

of the plutonium was also constructed. The model fits well with the observed data. The indication is that permanent anoxic conditions must persist for many years with little or no water renewal in order to produce suitable conditions for actinide mobilization from sediments. The behavior of plutonium under anoxic conditions was also the subject of a study in Hästholmsfjärden Bay, Finland. Radionuclides from the Loviisa Nuclear Power Plant enter this bay, which becomes anoxic during part of the year. Remobilization of plutonium or caesium from the sediments to water could not be detected. This is however in agreement with the results of the study at Framvaren Bay which showed that the anoxic conditions must prevail for a long time for the remobilization to occur. Plutonium can be transported by rivers to the marine ecosystem. A study of the processes in the mixing zone between fresh water and sea water was carried out at the mouth of the Kalix river, northern Sweden, where it flows into the Baltic Sea. Laminated sediments and suspended matter collected in the estuary of the Kalix river shows that the input of plutonium to the Baltic Sea from river runoff at present is of rather small importance but may in the long term perspective become one of the more important sources as the residence time of plutonium in the Baltic Sea water column is much shorter than the residence time in the river drainage basins. Drainage basins containing large percentage of mire and wetland will be of particular importance.

Environments typical for various Nordic regions (regional characteristics)

Field studies were carried out in various areas of concern for the Nordic countries. The study area spanned from Thule on the west coast of Greenland to the Arctic Seas north of Siberia. The Baltic Sea was included and parts of the Atlantic Ocean. In most cases the distribution in sediments of various radionuclides was determined as well as sedimentation rate and distribution coefficient (K_d). The studies helped to determine site specific parameters for the different areas. They also showed that the sedimentation rate could not in some cases be correctly determined by using just one method. In one study there was an extensive comparison of the different methods in the Baltic Sea. None of the methods was judged suitable for routine use and no systematic difference between methods could be seen. More than one method should be used whenever possible.

An investigation in the arctic seas gives no indication of any large extra sources for anthropogenic activity besides the well known fallout from atmospheric nuclear bombs test, discharges from European reprocessing plants and the Chernobyl accident releases. However smaller or local contributions from e.g. the dumped nuclear material in the Kara Sea and releases by the Siberian rivers from Russian nuclear facilities are not possible to exclude in this investigation.

Quality assurance

Quality assurance has been an important ingredient in the EKO-1 project work. Emphasis was put on the following two factors:

- a) Sampling
- b) Analysis

The design of a sediment sampler can have a crucial effect upon the results. A sampler that is well suited for certain conditions (or a certain type of study) might be less suitable in other conditions. A survey was made of the samplers in use and a report was written listing the results and discussing the advantages and disadvantages of each type of samplers.

An intercomparison was organized amongst Nordic laboratories participating in the NKS EKO projects. A few additional laboratories were invited to join (including some in the Baltic States). Two types of samples were sent to the participating laboratories for analysis, and the results were then compared, evaluated and the findings were published in a report. The results showed that many laboratories did not show satisfactory results (according to criteria described in the published report). This was especially true concerning the analysis of beta emitting radionuclides. The study showed also that the analysis of gamma emitting radionuclides such as Cs-137 can be improved considerably. Work on improving quality in gamma spectrometry has subsequently been taken up in the NKS EKO-3.2 project.

The EKO-1 seminars

Another important factor in increasing the Nordic competence in this field have been the EKO-1 seminars. Radioecology is a multi-disciplinary field. Much of the work done is related to work done on stable nuclides. The EKO-1 seminars have therefore been used to bring together on one hand participants in the EKO-1 project and other Nordic experts in radioecology and on the other hand Nordic experts in related fields and other international experts. During the project period two seminars have been held dealing with issues which were considered to be of major relevance for the project work:

- Kristineberg September 20th - 21st, 1995, *Sedimentation processes*
- Helsinki April 2-3, 1997, *Dating of sediments and determination of sedimentation rate*

Many of those who have participated in the EKO-1 project work have commented that for them personally these seminars were the most important aspects of the EKO-1 work.

Use of internet technology for the dissemination of information

The project period 1994-1997 has seen an explosive growth in the use of internet technology. The EKO-1 project has tried to make use of the increasing opportunities the Internet offers. Texts have been distributed within the EKO-1 work group, and World Wide Web (WWW) pages have been set up.

Contacts with the Baltic States

The Baltic States were invited to participate in the EKO-1 intercomparison for laboratory measurements. Subsequently most of the laboratories also participated in EKO-3.2 work on quality assurance in laboratory measurements. The participating laboratories have expressed their pleasure with being able to participate in this NKS work and expressed a wish for some form of continuation. The participation of the Baltic States in the EKO-1 intercomparison did not require any NKS funding.

Recommendations

The funding that the NKS provided for work in the current period was very valuable, even though it only covered part of the project cost. It provided the necessary stimulus to turn work in each of the participating countries into a joint Nordic undertaking. The EKO-1 project has resulted in that the Nordic countries are now in a much better position than before to assess the short and long term effects of radionuclides that have been (or might be) released and incorporated into sediments. The individual countries can now continue their own work within this field.

Marine radioactivity continues to provide topics of concern for the Nordic countries. The Baltic Sea is an important source of food for many of the Nordic countries. Even though the individual doses resulting from the consumption of sea food from the Baltic Sea are relatively low, they can nevertheless be considerable compared to other doses caused by man-made radionuclides. In Denmark the major part of doses to humans from man-made radionuclides comes from sea food caught in the Baltic Sea.

A project focusing on the Baltic Sea would be of considerable relevance for the Nordic countries. The project could also be linked with studies concerned with the short and long term effect of runoff from the catchment area and into the Baltic Sea.

Recently there has been considerable public concern in the Nordic countries over the possible effects of the increased release of ^{99}Tc from Sellafield. It is important for authorities in the Nordic countries to be able to make an assessment of the effect of this release. Furthermore the ^{99}Tc pulse can be a very useful tracer for studying processes in the Atlantic Ocean, the Arctic seas and the Baltic Sea.

The NKS has made a major contribution to the maintenance of competence in the field of environmental radioactivity in the Nordic countries. But it has also been an important factor in the build-up of competence. As a part of the previous project period (1990-1993) a course on radioecology was held in 1991 at Lund, Sweden. Many of the students from that course have been active participants in the work within EKO-1 and EKO-2 in the present period. Now a new course has been scheduled for the spring of 1998. Support from the NKS for this course and other activities strengthening the build-up of competence would be valuable.

The Nordic countries have established a culture of cooperating together in a very close and informal manner. The NKS has created a network of competent people in the field of marine radioactivity in the Nordic countries. Other forms of international cooperation and projects cannot replace this network. It is important that work on marine radioactivity will continue to be supported by the NKS. Otherwise it would be much more difficult to deal with many issues of concern for the Nordic population in the marine environment, especially in case of a sudden release of radionuclides to the environment.

EKO-2: Long Ecological Half-Lives in Semi-Natural Systems

Project leader: Tone D. Bergan, Institute for Energy Technology (IFE)

Foodstuffs from semi-natural areas, such as uncultivated pastures, mountain areas and uplands account for a considerable portion of intake of radiocesium and radiostrontium, and thus the dose to man. Products from intensive agricultural production show short half-lives, so as time after a radioactive fallout increases, foodstuffs such as mushroom, game and freshwater fish become dominant with respect to intake of radionuclides.

Within this EKO-2 project three problem areas have been chosen; sheep grazing on uncultivated pasture, the influence of mushroom, and freshwater fish. The main aim has been to identify the contribution from semi-natural systems, by determining ecological half-lives for specific foodstuffs from these areas, and thus determine dose to man. By incorporating these half-lives into existing models, we can decrease the uncertainties in dose calculations. In a fallout situation it is possible to quickly develop a picture of possible consequences, and implement appropriate countermeasures.

In the ongoing projects we have produced or compiled data for 8-11 years after the Chernobyl accident. The time series have been necessary for predicting ecological half-lives. Within this project period, we have demonstrated that the time dependent levels of radionuclides in foodstuffs from the selected areas are not well described by any "ecological half-life". As time increases, so do the half-lives.

The recovery of Nordic ecosystems from contamination by radiocesium originating from the Chernobyl accident is gradually slowing down, at the same time as areas vary widely in susceptibility and recovery rates. Accordingly, ecological half-lives are gradually increasing and cannot be treated as constants, over neither time nor space. Although it has not been easy to determine simple or general ecological half-lives, the projects have given us useful understanding of the mechanisms governing the transfer of radionuclides, and more knowledge about typical Nordic ecosystems.

The sheep project

The soil – vegetation – sheep – system has been studied in five countries; Iceland, The Faroe Islands, Denmark, Sweden and Norway. Co-ordinated sampling started in 1990 and has been continued up until 1997. Large differences in transfer are

found, and by studying the production intensity, biomass production, climatic conditions, the presence of mushrooms, intake of soil and experimental studies of stable elements in the soil, we have been able to explain some of the differences. Since soil represents an important reservoir for radionuclides in the terrestrial system, the soil characteristics have been the most important factor for the different transfer factors that we have observed in the different grazing areas.

The forest project

Little attention has been paid to the consumption of food products from the forest system, such as wild berries, mushrooms, freshwater fish and game. A questionnaire has therefore been performed, with focus on consumption of wild berries and mushrooms, and surveys performed in Denmark, Finland, Norway and Sweden. In Sweden up to 25 GBq of radiocesium yearly is transferred to man via mushrooms.

Mushrooms also plays an important role in the uptake of radiocesium by vegetation at higher levels, and is probably the cause for radiocesium being easily available for a long time. Most animals show strongly increasing levels of radiocesium when mushrooms are available in August-September, and roe deer are among the largest consumers of mushroom. Up to 20-30% of the paunch content is mushroom in this period.

Limnic systems: Ecological half-lives in Nordic lakes

The significance of this consumption as a contributor to the internal doses of ^{137}Cs to man was demonstrated in previous NKS-projects. The main aim of the project has been to investigate the processes and mechanisms leading to radiocesium being easily available for uptake in fish. A Nordic map has been developed, containing descriptions of fallout, limnic data (such as water quality, size, water transport), radiocesium levels in freshwater fish and water, as well as runoff from surrounding areas. Resuspension of sedimented radiocesium, along with runoff from catchment area, have been shown to be important sources for biological uptake, and thus the dominating factor contributing to long ecological half-lives in freshwater fish.

Under the assumption that the future decrease will be mainly governed by physical decay, the infinite time-integrated activity can be approximated to 10 to 20 kBq/kg per year, which then would give a significant contribution to critical groups. It is thus important to follow the time development of ^{137}Cs in fish, and the controlling factors of critical catchments and lakes.

Conclusions

Semi-natural systems are becoming increasingly more important with time when it comes to transfer of radionuclides to man. Ecological half-lives are increasing with time.

EKO-3: Preparedness Strategy and Procedures

Project leader: Jens Hovgaard, Danish Emergency Management Agency (DEMA)

The overall objective of the project was to assist Nordic authorities in improving their emergency response and international cooperation in selected issues. The project was divided into four subprojects, namely mobile measurements, quality assurance in sampling and analysis, operational intervention levels and intervention issues in agriculture and food chains.

The results from the RESUME95 exercise on mobile measurements demonstrated the excellent capability of the airborne teams. Of the ten airborne teams, eight were able to deliver caesium-137 maps very soon after the surveys were completed, in some cases within a few hours. In general, the caesium deposition maps from the airborne and carborne teams showed the same spatial features but with some variation in absolute levels. Most of the observed differences can be attributed to differences in calibration methodology and spatial attributes of the various measuring techniques. It was found that accurate flight-path navigation and software for presentation and analysis played an important role in the search for hidden sources. The lessons learned from RESUME95 indicate a need for further operational exercises in which a number of specific problems should be addressed. These include the calibration and repeatability of the equipment as well as the field of view of the various systems. Influence of positional errors is also an important aspect when comparing the results from a variety of systems. Problems such as these should be considered in design of the exercise and choice of the areas to be surveyed.

With regard to quality assurance in sampling and analysis, the project provided an up-to-date picture of the state-of-the-art in gamma-ray spectrometry in the Nordic countries. The problems were identified and solutions suggested. One of the improvements needed was to develop access to software for gamma spectrometric analysis, which is able to make efficiency corrections for variable heights and densities. A manual was produced for one such program, which has been available to laboratories free of charge. Software intercomparison showed that considerable differences occur among programs in their quality of peak area estimates. It also showed that the user can be a significant factor. Thus, it is important to continue quality assurance work.

It is important, however, to specify the requirements in accuracy and precision in analyses and measurements specifically for emergency situations. Sufficiently

reliable information must be produced even if the likely shortage of time and capacity in emergency situations would not allow the highest possible standard.

A survey of measurement geometries in use in the Nordic countries revealed the wide variety of sample containers used. The differences in shape and size are incidental, and the requirements regarding the containers are basically the same for most laboratories. Several advantages were identified in having the same geometries; e.g. easier intercalibration, more reliable supply of sample containers and possibility of exchanging samples in emergency situations. It is therefore recommended that agreement be adopted on a few of these containers as reference containers. Another recommendation is that Nordic laboratories participate in ongoing international work on standardization of sample containers.

An intercalibration exercise was also carried out for whole-body measurements, which has already led some laboratories to improve their calibrations. Such exercises are seen as particularly important for those laboratories doing part-time whole-body counting. An outline for a quality manual and a technical manual were also prepared.

With regard to the accreditation of gamma laboratories, the work resulted in clarifying the process of accreditation to the participants, but implementation of accreditation remains the task of the institutes, however, it is important to maintain Nordic contacts during the process, because this may save effort.

Since the problem of long-term data storage is not unique for radiological data, the conclusion was to recommend that trends in information technology be carefully monitored. Some recommendations are given for possible formatting and reporting of data by referring to an internationally used system.

Operational intervention levels were treated within a probabilistic framework in which only a few basic facts concerning the accident are known and any detail about the accident is treated as unknown information at the time of decision making. The probabilistic approach developed offers a method for characterising the uncertainties in the efficiency of early intervention measures. Such a probabilistic safety assessment is a prerequisite for optimization, both with respect to the planning and the implementation of emergency countermeasures.

In order to investigate the consequences of the probabilistic approach, OILs for sheltering were determined for typical scenarios associated with severe reactor accidents. Values were found to be an order of magnitude larger than those adopted in present day emergency planning. However, the OILs were evaluated in a simplified setting and the results presented should primarily be considered an illustration of the probabilistic method.

The recommendation, based on the present study, is that operational intervention levels are defined within a probabilistic framework. In this framework, an optimized operational intervention level is given as the measurement value, for which the average avertable dose is equal to the (generic) intervention level. Furthermore, it is recommended that the probabilistic approach be developed as a tool for optimising existing and future measuring strategies. This may involve optimising the type and number of measurements and the time scheme for deployment of mobile measurement units.

Agricultural measures during the alert phase, such as activities needed on farms because of deposition and activities needed in animal husbandry in case of evacuation of the population brought up many questions on the pros and cons that must be considered when deciding on agricultural countermeasures. Deliberations clearly showed that many differences are present among the Nordic countries regarding the agricultural situation, and that too hasty conclusions about harmonization of countermeasures should be avoided.

Cooperation between the radiation protection community and the agricultural and food community was necessary and very fruitful. Creating a solid information base as well as education/training and preparation of a joint Nordic handbook are essential elements in the continuation of such cooperation and further development of preparedness. A satisfactory preparedness to act should already exist in the alert phase.

It is essential that agricultural and food authorities have the ambition to develop an adaptable preparedness organization, that can implement the necessary measures in a quick and efficient manner. Knowledge of alternative measures and their consequences is a prerequisite for efficient and timely implementation of these measures.

A forum should exist in which agricultural and food experts, who are part of the preparedness organization, have the opportunity to exchange views with radiation protection people on the problems that occur and the effect and applicability of various consequence-limiting countermeasures. A manual should be available in every country for the areas of agriculture and foodstuffs, that concentrates not only on alarm routines and measures that increase preparedness, but also sheds light on consequences and possible countermeasures and gives enough basic knowledge to adapt the countermeasures to the prevailing situation.

EKO-4: Emergency Preparedness Exercises and Information

Project leader: Eldri Naadland, Norwegian Radiation Protection Authority

The objectives of the project

The objectives of the EKO-4 project have been to contribute to competence development of personnel in emergency organisations, draw attention to and further develop contingency plans for nuclear accidents, contribute to joint professional evaluations and co-ordination between the Nordic countries and improve the understanding of various types of action and decisions taken in neighbouring countries through joint Nordic exercises and an improved system of exchange of information and data between the Nordic countries.

Exercises are arranged frequently in order to validate plans and procedures. However, no joint contingency plans exist between the Nordic countries. The basis for the Nordic exercises is *inter alia* agreements regarding early notification and exchange of information, and acknowledgement that we can better develop the nuclear emergency preparedness in the event of the occurrence of a nuclear accident jointly rather than singly.

Exercises are recognised by the fact that they are scenario-based activities each having a different scope, and containing three phases: planning, execution and evaluation. The activity can be executed in real time or independent of time. Exercises require resources at all phases, and arranging joint Nordic exercises can be cost effective.

Implementation of the results of an exercise is not regarded as being part of the exercise, and implementation of the exercise results have therefore not been an objective of this project.

Activities during the project period

During the project period 1994-1997, several functional exercises or activities similar to exercises have been arranged within the different professional areas:

- evaluation of accidents/analysis of the source term (seminar, 1997)
- atmospheric dispersion (exercises and seminars, 1995 and 1996)
- dose calculation (exercise and seminar, 1995)
- clean-up actions in an urban environment (decision conference, 1995)
- information exercise in connection with RESUME95 (exercise, 1995)

After the series of functional exercises, a large-scale exercise was arranged in which Nordic objectives were linked to the international exercise INEX-2-FIN (arranged by OECD/NEA).

Parallel to the exercises, work has been ongoing with charting the requirements of different groups for tools for scenario development, as well as what tools are available, because the planning phase of an exercise usually requires large resources.

The work with the proposal for a Nordic system for exchange of data and information has been ongoing independent of the exercise activity.

Results

The results of the different exercise activities coincide in part. This is positive, because it is the different groups which have participated in exercises in different areas and conclusions which coincide are useful as a joint lift in the continuing work with nuclear emergency preparedness. The conclusions are summarised below, together with concrete examples from some of the exercises:

- There is a requirement for **further development of methods and tools**. Comparison of atmospheric dispersion models have already been carried out several times in the Nordic countries, but areas which need improvement can still be identified, *inter alia* work can still be done on the uncertainty of the models. The exercise with dose calculation showed that the tools which are in use are so different that it is difficult to compare the results, and a harmonised further development is desirable. Where evaluation of accidents and source term is concerned, the tools are still not completely developed, but exchange of information about the tools which are available was useful both for countries with nuclear power, and the other Nordic countries. Such exchange of information can also contribute to harmonisation in the development work.
- There is a requirement for **further development of systems for communication and exchange of information**. After INEX-2-FIN, the large exercise, it was recommended that a more detailed study be performed of the different channels of communication in order to chart more efficiently how they can be utilised. During the decision conference on clean-up actions in an urban environment, the need for good communication between experts and decision-makers was pointed out, while the information exercise focussed on the need for communication between experts, information staffs and the media. In this project a proposal was also prepared for a Nordic system of exchange of data and information. Work with further developing such systems in the Nordic countries can be based on this proposal and similar work which is ongoing internationally.

- There is a requirement to work more with **the content of the information which is exchanged**. A joint format for presentation of the results of the atmospheric dispersion models had already been proposed in the previous NKS period, but this format was not implemented. This work can be continued. As regards evaluation of accidents and source term, there is a requirement to work with what type of information concerning the status at the plant and assessment of source term which is, and ought to be, exchanged and at what point in time. This was also a lesson learned from INEX-2-FIN, where it was pointed out that work should be continued with what type of information which should be exchanged at any time («key information»).
- As regards the more methodic aspects of arranging exercises, some results can be obtained and areas for follow-up suggested on the basis of the activities which have been ongoing in the project, *inter alia*:
- When planning exercises, **scenarios** must be developed. Different groups have different requirements as regards details included in the scenario, and this ought to be elucidated upon in order to evaluate if one should allocate more resources for development of tools such that exercise scenarios can be more easily generated. A survey conducted in this project showed that a range of tools are available and that the present technical potential is probably not utilised.
- There is a **risk** involved with exercises, and one must ensure that the security of the plant and safety of personnel is not weakened by exercises. There is also a risk involved with exercise scenarios since these can contribute to generating myths in the contingency planning work. It looks as though there is a tendency in Nordic exercises to choose scenarios with very serious consequences. Scenarios should not contribute to creating myths regarding what type of situation an organisation should be able to handle, which groups need exercises, etc. Neither should the choice of scenario contribute to experiences from exercises being uncritically used as objectives and strategies for contingency planning if the establishment of such objectives and strategies was not the object of the exercise. For example, no conclusions can be drawn as to what type of information exchange is desirable or possible in an early phase of an accident on the basis of what type of information exchange one achieved in a given scenario.
- At present there is no clear terminology or strategy linked to exercises in the Nordic countries. There is a requirement for further development of joint **terminology and methodology** for exercises. Further work with development of scenarios has already been mentioned, but there is also a requirement to look at how both accomplishment (for example further development regarding the use of decision-making conferences) and evaluation of exercises which can be

made more efficient. In addition, there is a requirement to see how experiences from exercises can effectively be implemented in planning and in organisations.

Conclusion

The exercises which are carried out during the project period have provided useful knowledge and many proposals for the further development of nuclear emergency preparedness in many different professional areas, both nationally and jointly in the Nordic countries. However, there appears to be a requirement to develop more long-term plans and strategies for Nordic contingency planning and Nordic exercises, as well as a greater awareness of what is an appropriate exercise format to achieve a given objective. This can contribute to reduce costs and optimise the benefits of the exercises which are arranged.

Exercises can be regarded as a **means** to develop, harmonise and validate plans, procedures and tools, but work with exercises can also be regarded as an **objective** in the sense that it can contribute to optimise the use of resources allocated for exercises. Increased awareness of *inter alia* these problems will be advantageous to continuing work with Nordic exercises. Increased awareness will also be able to contribute to practice makes perfect.

EKO-5: Preplanning of Early Clean-Up

Project leader: Thomas Ulvsand, FOA NBC-skydd

If there is a nuclear plant accident within or outside the Nordic countries, releasing radioactive matter causing a nuclear fallout situation in some of our Nordic countries, clean-up actions will probably be considered. When and if such actions are to be taken and performed, the outcome will be dependent on how well they are prepared. This is especially important when considering the *early* actions, because there will be limited time available for preparations, which in addition are to be carried out under severe stress.

The purpose of the work in EKO-5 has been to work out guidelines to be used in the planning of *early* clean-up actions, i.e. actions which have to be taken during the first three weeks in order to be meaningful. The work is only considering actions reducing doses from external radiation in inhabited areas.

The target group of this document is mainly those persons who are in charge of making plans for the actions taken in the case of a radioactive release, persons found on different levels in the preparedness organizations in each country.

Within the project a base report has been prepared, NKS/EKO-5 (96) 18, which is useful to experts in their work to support decision makers.

The work has extracted seven actions which can be regarded as early: hosing of roofs, walls and paved areas, lawn mowing, pruning of trees and bushes, removal of snow and vacuum cleaning of streets. For a reference deposition of 1 MBq/m² of ¹³⁷Cs, calculations have been performed in five urban or suburban environments such as detached wooden or brick houses, semi-detached houses, terrace houses and city center multi-storey houses. In the case of dry or wet deposition, the document describes the expected effects of the various actions and the practical, economical and protective-relevant consequences generated by them. Even if it is hard to find a good motive for initiating clean-up actions removing short-lived nuclides, as for example ¹³¹I, they still have to be considered in a work like this. In the early phase, when the relevant actions are to be performed, these nuclides will contribute with an external gamma dose to the persons involved in the clean-up. Those doses can be considerable, up to ten times the dose coming from the long-lived ¹³⁷Cs, which is the main target of the actions.

In NKS/EKO-5 (96) 18 the expected effects ‘Immediate averaged total dose rate reduction in the area’ and ‘Averaged total accumulated life time dose reduction over 70 years’ have been calculated. It also gives the ‘Averaged total accumulated life time dose to the people’ which would be the result if no actions whatever were

taken. In the guidelines resulting from this work, the reduction of life time dose has been considered as the relevant parameter.

The actions giving the largest effects, measured as reduction in life time dose reduction, are lawn mowing, removal of snow and pruning of trees and bushes. The averted life time dose can for example be estimated to about 100 mSv in a single family wooden house area, for the chosen reference deposition of 1 MBq/m², if the lawns are mowed and the grass cut is removed. With the exception of hosing, the clean-up actions will generate amounts of waste which has to be handled and deposited in a acceptable way.

The document finally discusses clean-up actions and their effects on the rural living environments. The relevant actions will be the same as those taken in the urban areas, but there is a difference in the performance. In urban areas, the actions will to a great extent be managed and performed by efforts of the society. In rural areas, on the contrary, there are the equipment and experience needed on the single farms, resulting in the inhabitants' ability and will to perform the recommended early clean-up actions themselves. These actions can be expected to give about a half of the accumulated three weeks dose, compared to the situation where no actions whatever are taken.

The document ends with the guidelines, describing the 44 considered cases which are directed to the planners. The guidelines are presented as tables, with headings as follows:

House type	Expected effects	Staffing and costs	Equipment and costs	Practicability, waste	Protection	Influences on other procedures
------------	------------------	--------------------	---------------------	-----------------------	------------	--------------------------------

SAM-4: Overriding Information Issues

Project leader: Vibeke Hein, Danish Emergency Management Agency (DEMA)

An Information Project - Why?

In the Nordic countries it was, above all, the Chernobyl disaster that opened the eyes of the responsible authorities to the fact that preparedness is not merely a question of technical skill, measuring instruments and results. Suddenly one was faced with a tremendous information task. Information *was* given to the population. Sometimes this was not the merit of the authorities. Sometimes the experts took upon them to answer the population's questions - at the expense of work they should have carried out, as technical experts.

When the first hectic months had passed, there was no doubt that the information task was one of the areas that had to be looked into - also in a Nordic context. For part of the experience from these months had to do with the confusion that can arise when diverse measures are implemented in dense geographic areas without anyone being able to explain why.

In October 1988 a seminar was held under Nordic auspices and attended by representatives of the authorities and by journalists. The purpose was to discuss how to improve the handling of information to the public next time it was called for. This became the foundation of a significant and fruitful Nordic cooperation on how to provide the public with the best possible information regarding nuclear questions. In the following years similar seminars were arranged.

During the project period 1990 – 1993 an information project was launched to cater for those aspects of the information task that could not be sufficiently clarified at the seminars. It included, among other aspects, a joint Nordic information strategy, the preparation of a joint Nordic basic material on nuclear topics for the purpose of the quite simple information, as well as the compilation of existing Nordic information material - so as to gain inspiration and avoid duplication of work.

In connection with the 1994 – 1997 project period another information project was proposed. Initially, it came to naught. But the heads of information of the Nordic authorities found the need for a new project so pressing that they maintained the initiative, and at the semi-annual review of ongoing projects the project was tabled again, and it now found the financial support that permitted it to be launched.

SAM-4, Overriding Information Issues, has consisted of ten sub-projects that focus on four subject areas:

How to inform about a difficult subject in a modern society

How to provide advance information

How to inform when the accident has occurred

How to inform about NKS and its projects

These are some of the crucial subjects that the Nordic authorities have to consider and decide on. This may be done nationally - but the result will be better if you do it together!

How to inform about a difficult subject in a modern society

Nuclear energy, radiation protection, nuclear safety, nuclear preparedness are words that seem strange or perhaps even frightening to most people. At the same time, the quantity of information on all sorts of subjects is steadily increasing. It is not hard to imagine that there is a need to identify the best channels and means of communication.

This identification of how information can be provided in the future and through which channels - and the target groups one should focus on - is a massive and important job which can appropriately be carried out in cooperation among the Nordic countries.

In November 1996 a seminar was held with Dutch experts. Since the mid-1980's work has been going on in the Netherlands to systematize experience on crisis management in connection with disasters. It is a characteristic feature that the population - in the Netherlands as well as in the Nordic countries - expects a high level of safety, security and service, and that a modern society is seriously affected even by simple, uncomplicated events.

In the coming NKS project period an effort will be made to make allowance for the work of mapping out the material, the target groups, and the channels which the Nordic authorities will henceforth be using in the information work.

How to provide advance information

Until something has happened, it can be exceedingly difficult to penetrate the enormous amount of information. It is particularly difficult when the subject is one, which many people consider difficult, inaccessible, and perhaps not very personally relevant. Nevertheless, it is highly important that there should be some people who know the subject intimately - before something big and serious happens. This is so because misunderstandings regarding difficult, technical matters are more apt to arise under hectic conditions. Even if the public had thorough

knowledge of the subject, there would be a need to communicate precautionary measures in an emergency. For this the authorities depend on the media.

If the dialogue between the authorities and the media/journalists is to be fruitful, it is necessary that the authorities can express themselves clearly, and that the journalists have advance knowledge enabling them to ask the right questions. Neither of these capabilities can be established on the day of a serious, acute situation. It is therefore of paramount importance that the media/journalists be given an opportunity to familiarize themselves with the subject matter. It is in the interest of the authorities to provide details within their own area of responsibility in order to clarify terms of reference.

It appeared from a survey with questionnaires made in 1996 that journalists prefer such transfer of knowledge to occur outside the day-to-day routines. Therefore, the NKS information project has initiated arrangements lasting a couple of days during the last project period. This included a seminar on the occasion of the 10th anniversary of the Chernobyl disaster, and a study tour focusing on the problems in the northern part of Scandinavia brought about by installations on the Kola Peninsula.

The authorities' immediate possibility to inform the citizens continues to be covered in the traditional manner by means of brochures, videos, and home pages. In order to promote widespread Nordic knowledge of the authorities' information material, a previously compiled list of such material has been revised and updated. The list serves to inspire, rationalize and coordinate Nordic information material from responsible authorities - there is no point in re-inventing the wheel. Also, for the first time in the history of NKS, an overall list has been drawn up of all project reports - so that it is possible to get an impression of the existing sources of information.

How to inform when the accident has occurred

In 1996 – 1997 there have been no significant accidents at nuclear power stations in our hemisphere. Therefore, no opportunity has presented itself to test the information preparedness in connection with a really major event. On the other hand, two nuclear preparedness exercises have been held on an international level; all the Nordic countries took part in them.

The first exercise, INEX-2-CH, took place in November 1996 and was hosted by Switzerland as scene of the accident, which did not develop very far. This sparked a certain exchange of information among the Nordic countries, primarily concerning precautions, restrictions on travelling, etc. The heads of information tried to use e-mail, with moderate success, as a mode of communication. It always proves difficult to place a large amount of direct telephone calls during a hectic process;

therefore, the electronic mode of communication can appropriately be used. Much information should be exchanged as quickly as possible: countermeasures and the reasons for them, forecasts as to the trend of the accident, etc.

The other exercise, INEX-2-FIN, in April 1997, was hosted by Finland, and all the Nordic countries took an active part already in the planning phase, in that special Nordic components and criteria were introduced during the progress of the exercise. One of these Nordic components focused on information.

During exercises it is usual to have some sort of media participation. In addition to the “ordinary” information play, it had been decided to exert a uniform Nordic media pressure on the decision-making authorities. This was brought about by means of journalists nationally dispatched to the scene of the accident, from where they would report home from press conferences, etc. This entailed a pressure as regards time for the responsible authorities, which, especially during the early phases of the exercise, had not yet received the corresponding details from the Finnish authorities. As this is a very realistic situation, it provided important training for all those who are to formulate their thoughts in the process.

It is important to allow experts and journalists to exercise together, so that they can learn each other’s language and needs. Besides, exercises are instrumental in doing away with myths and in preventing that they arise. The *first* messages are often those that serve to “dimension” the disaster in the minds of the people, and it is therefore highly important that the words used cannot be misunderstood.

How to inform about NKS and its projects

The Nordic cooperation on nuclear matters is of long standing and has proven its *raison d’être* through the results of many projects. But there are few outside the circle of participants who have any knowledge of the work being carried out. Therefore, it was decided that an NKS information policy or an NKS communication strategy should be formulated. This has been done; and it now reads,

“The internal and external communication of NKS must contribute effectively to the fulfilment of the objectives of NKS. Through open, active and correct information it must confirm the image of NKS as a competent organization. Communication within and outside the NKS group must lead to proper knowledge of the Nordic cooperation and of the results of its activities - so that the results will be useful in practice.”

“Information about the work and results of NKS can be disseminated through technical reports, scientific articles, popular summaries, brochures, homepages, seminars, etc., and through participation in international cooperation. Knowledge of

particularly interesting results should be disseminated through press releases. The media should be invited to attend presentations that are deemed to be of interest to the public.”

In addition, the external image is strengthened by means of an overall graphic profile for all NKS publications. A proposal has been drawn up for the new graphic profile, but for practical reasons it cannot be implemented until the next project period (1998 – 2001). To provide inspiration for the information task a seminar was held in Stockholm, October 1997, for project leaders and project participants.

Nordisk Kernesikkerhedsforskning

Program 1994 – 1997

Sammenfatninger

RAK-1: Strategi för reaktorsäkerhet

Projektledare: Kjell Andersson, Karinta-Konsult

Denna rapport sammanfattar resultaten från projektet *Strategier för Reaktorsäkerhet, NKS/RAK-1*, som bedrivits inom det program för nordisk kärnsäkerhetsforskning som organiserats av NKS under åren 1994-97.

Målet med projektet, som det formulerades av NKS, var att "utreda hur en tillräcklig säkerhetsnivå kan uppnås i den praktiska verksamheten och vilka krav detta ställer på de strategier och metoder som används". På projektnivå översattes detta till mer konkreta målsättningar: att kartlägga och värdera säkerhetsprogrammet, att öka säkerhetsanalysens realism och trovärdighet, och att öka säkerheten med insatser inom utvalda områden. Projektet har bestått av delprojekt inom fem områden:

- RAK-1.1: Kartläggning och värdering av säkerhetsarbetet
- RAK-1.2: Inledande händelser - bestämning av frekvenser för rörbrott
- RAK-1.3: Integrerad sekvensanalys - specifikt mänskligt felhandlande
- RAK-1.4: Underhållsstrategier och åldring
- RAK-1.5: Ändringsarbeten, renovering och förnyelse

För projektet fanns en samordningsgrupp med representanter från projektets "avnämare" på kraftbolag och myndigheter. Denna grupp fungerade också som styrgrupp för delprojekt 3. Organisationen i övrigt har anpassats efter de olika delprojektens innehåll, behov av styrning och insyn från kraftbolag och myndigheter och i övrigt så att arbetet skulle kunna bedrivas så effektivt som möjligt. Appendix 1 redogör för projektets organisation, och Appendix 2 ger en lista på de rapporter som framställts inom projektets ram. Här sammanfattas först några observationer gällande säkerhetsarbetet i allmänhet som framkommit inom delprojekten 1 och 5, sedan arbetet inom delprojekten 2, 3 och 4.

Utvärdering av säkerhetsarbetet

Det ursprungliga förslaget till delprojekt 1 baserades på en modell där samhällets övergripande säkerhetsmål successivt avsätter sig i mer detaljerade mål för att till slut avspegla sig i det konkreta säkerhetsarbete man gör på kraftverken. Det gällde i stora drag att kartlägga och värdera de aktiviteter som är till för att kontrollera dels om konstruktionsförutsättningarna står i överensstämmelse med målen och dels om anläggningarna uppfyller dessa specifikationer. Det skall betonas att delprojektet inte bara handlade om säkerhetsarbetet på anläggningarna utan också om myndigheternas funktion i sammanhanget. Parallellt med delprojekt 1 gjordes

inom delprojekt 5 en särskild insats beträffande ändringsarbeten och modernisering.

Arbetet bedrevs i stor utsträckning med intervjuer på kraftverk och myndigheter. Också danska och norska representanter deltog i arbetet och i intervjuerna på myndigheter och kraftbolag, vilket för deras del bedömdes som en effektiv form för insyn i säkerhetsarbetet. Här diskuteras några av de iakttagelser som gjordes inom delprojekten 1 och 5.

Säkerhetsarbetet har med tiden kommit att bli mer resurskrävande än vad som tidigare förutsågs. Huvudsakliga orsaker till detta är modernisering och renovering i kombination med särskilda insatser för att dokumentera de befintliga anläggningarna. NKS/RAK-1 rekommenderar fortsatta insatser för att effektivisera arbetet i kombination med tillskott av resurser för att möta detta problem. Detta gäller både kraftbolag och myndigheter.

I Sverige pågår en ökad decentralisering av säkerhetsarbetet så att allt större ansvar läggs på reaktor-anläggningarna och även på de enskilda reaktorblocken. Detta bedöms i huvudsak som en positiv utveckling under förutsättning att ansvariga enheter ges en ”kritisk massa” av kompetens och resurser för nyckelfunktioner.

Rapporten från NKS/RAK-1.5 rekommenderar både kraftbolag och myndigheter att aktivt följa den utveckling av säkerhetskrav som sker, inte minst inom EU, med avseende på nya reaktorkoncept. Denna utveckling kan ha stor betydelse också för befintliga reaktorer.

Utveckling av säkerheten inom valda områden

Frekvenser för LOCA

Delprojekt 2 har behandlat frågor avseende bestämning av frekvenser för inledande händelser som kan leda till förlust av kylmedel, LOCA (Loss Of Coolant Accident). Specifikt har delprojektet tagit fram en modell som beräknar sannolikheten för rörbrott beroende på spänningskorrosion, IGSCC (InterGranular Stress Corrosion Cracking), som bedöms vara den effekt som har störst betydelse för stora rörbrott. Tillämpning av modellen i PSA bör därför kunna ge bättre sannolikheter för LOCA än vad som traditionellt tillämpas. Nuvarande värden har i stort sett varit oförändrade sedan WASH 1400 studien (den s.k. Rasmussenrapporten).

Tillämpning i PSA kommer dock att bli resurskrävande beroende på att rörsystemen då måste beskrivas mycket mer i detalj än vad som hittills är vanligt i PSA och data kommer att behövas för enskilda svetsfogar. Resultaten kommer emellertid också att kunna användas för att styra provning av rörsystem på kraftverken. Det är viktigt att få sådan typ av information så att provningen skall

kunna göras rationellt utifrån en samlad riskbedömning. Den modell som utvecklats behöver data bl.a. om effektiviteten hos oförstörande provning. Modeller för detta har också tagits fram inom projektet.

Modellen för rörbrott behöver utvecklas vidare, men nu framför allt tillämpas på verkliga rörsystem. Det måste betonas att fortsatta framsteg inom detta område är beroende på ökat samarbete mellan PSA-specialister och materialexperter.

Integrerad sekvensanalys

Detta delprojekt tillkom från ett behov av ökad samverkan mellan olika discipliner för att analysera sekvenser som kan leda till allvarliga tillstånd med avseende på säkerheten. Grundläggande orsaker bakom detta behov är:

- Problem med traditionella sannolikhetsbaserade metoder med avseende på mänsklig tillförlitlighet
- Dynamiken i den händelseutveckling som kan ske efter en inledande händelse återspeglas inte i PSA
- Behov av återkoppling från säkerhetsanalysen till driften av kraftverken, gällande operatörsingripanden och haveriinstruktioner

Inom delprojekt 3 genomfördes först en inventering av metoder för integrerad analys. Avsikten var att göra en relativt bred genomgång av metoder och erfarenheter från integrerade analyser. Således omfattade inventeringen också metoder utanför ramen för vad som brukar betecknas HRA ("Human Reliability Analysis"). Efter metod-genomgången testades olika analysmetoder på fyra utvalda sekvenser:

1. LOCA under avställning (BWR)
2. Kall övertryckning (BWR)
3. Tubbrott i ånggenerator (PWR)
4. Störd signalbild i kontrollrummet (BWR)

De fyra sekvenserna täcker tillsammans ett brett spektrum av händelseförlopp och olika metoder har använts för att analysera dem. Sekvenserna 2 och 3 ger de största möjligheterna till att integrera metoder mellan olika discipliner genom att de innefattar många olika aspekter (PSA, termohydraulik, mänskligt felhandlande mm), medan sekvenserna 1 och 4 är mer specifika. Å andra sidan fokuserar de senare på särskilda problem av generell natur som svåra beslutssituationer i kontrollrummet (sekvens 4) och fel i administrativa rutiner (sekvens 1). Resultat från analyserna bör därför vara av generellt värde. Sammanfattningsvis har framsteg gjorts främst inom följande områden:

- Strukturerad metodik för samverkan mellan PSA och beteendevetenskap
- Mer realistisk PSA för sekvenserna
- ”Kontrollrums-PSA”
- Kunskaper om kognitiva faktorer i hanteringen av sekvenserna (s.k. ”kognitiva profiler”)
- Återkoppling till operatörsträning
- Ökade insikter om riskerna vid avställning
- Användning av simulatorer för sekvensanalyser

Arbetet har också bidragit till ökad samverkan och förståelse mellan tekniska analytiker och beteendevetare.

Strategier för underhåll

Delprojekt 4 har haft som mål att värdera och utveckla metoder för underhåll. I en inledande fas sammanställdes och värderades kunskap om metoder för underhåll av säkerhetsrelaterade system som finns inom och utanför kärnkraftbranschen. Delprojektet har vidare utvecklat ett system (RelDAT) för att analysera och presentera information från olika centrala och lokala underhållsdatabaser. Beroende på användare finns många olika behov att presentera data, och RelDAT kan anpassa sig till detta. Mjukvarusystemet finns nu färdigt för användning och har redan installerats, bl.a. i Barsebäck.

Ett annat moment i delprojektet har varit att analysera rapporter om mänskliga fel i underhållsarbete. Den framtagna metodiken för detta har visat sig mycket användbar för att identifiera vilka typer av del som kan uppstå. En möjlig framtida uppgift kan vara att systematiskt använda sådan metodik för att få data till PSA-analyser. I brist på erfarenhetsbaserade data utnyttjades expertbedömningar för detta i delprojekt 3.

Att utforma strategier för underhåll innehåller många olika aspekter som säkerhet, tillförlitlighet och ekonomi. Delprojektet har funnit att det finns behov av, men också goda möjligheter till, framsteg inom detta område. Bland annat har beslutsanalys testats i detta sammanhang. I ett vidare perspektiv har delprojektet visat på en strukturerad metodik för tillförlitlighetsbaserat underhåll.

Fortsatt arbete

NKS/RAK-1 har utvecklat och provat metoder inom en rad områden som bestämning av frekvenser för rörbrott, integrerad sekvensanalys och underhåll. Resultat och metoder behöver dock i många fall testas ytterligare och framför allt tillämpas i det dagliga säkerhetsarbetet. Kraftbolagens och myndigheternas aktiva deltagande i de olika delprojekten och i projektets samordningsgrupp bör ge goda förutsättningar för detta.

Mycket av arbetet inom projektet har vilat på principen om återkoppling som en grundsten i allt säkerhetsarbete. En verksamhet som inte ger återkoppling är inte effektiv och ändamålsenlig. Figuren på nästa sida illustrerar återkopplingsprincipen när det gäller PSA-verksamheten. Data för PSA måste också ge direkt återkoppling till driftpersonalen. Projektet har kunna bidra till att stärka sådan återkoppling inom ett antal områden, som:

- Samverkan mellan probabilistisk analys av rörbrott och provning av rörsystem
- Samverkan mellan integrerad säkerhetsanalys och arbete i kontrollrum
- Samverkan mellan tillförlitlighetsdatabaser och underhållsstrategier

Delar av det arbete som bedrivs med syfte att höja säkerheten har inte denna återkoppling tillräckligt tydligt uttalad för berörd personal. Förhoppningsvis har NKS/RAK-1 bidragit till en positiv utveckling i detta avseende.

Projektets rekommendationer gäller också fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete inom ett antal områden: metodik för att utvärdera komplexa program (som t.ex. reaktorsäkerhet), tillämpning av resultat från grundforskning i PSA, bestämning av frekvenser för LOCA, metoder för integrerad sekvensanalys och utveckling av underhållsarbetet.

RAK-2: Säkerhet mot utsläpp vid reaktorhaverier

Projektledare: Ilona Lindholm, VTT Energy

RAK-2 omfattade följande tre forskningsområden:

- RAK-2.1 Forskning om följderna av svåra haverier i nordiska kärnkraftreaktorer för vissa utvalda sekvenser och fenomen.
- RAK-2.2 Utveckling och uttestning av ett datorbaserat operatörsstödsystem för haverihantering (CAMS = Computerized Accident Management Support).
- RAK-2.3 Insamlande av information för olika mobila reaktorer och reaktortyper som finns i Storbritannien för komplettering av tidigare databas som tagits fram inom NKS för reaktorer i nordiskt närområde.

Forskningen om svåra haverier i RAK-2.1 var främst inriktad på härdsmlätförlopp i reaktortanken och på möjligheter att kyla härdsmlätan under olika faser av haveri-förloppet. Arbetet var uppdelat på fem olika delprojekt.

I det första delprojektet studerades hur en överhettad reaktorhård kan kylas inuti reaktortanken ifall kylvatten åter blir tillgängligt. Analyserna visade att bränsleskador kan förhindras om återflödning av reaktorhärden börjar innan maximitemperaturen stiger över 1800 K, även med så lågt kylföde som 45 kg/s. Om vatteninmatningen startar senare ökar bränsleskadorna genom accelererad metalloxidation som bidrar till värmeutvecklingen. Beräkningarna visade att strilning av härden uppifrån gav effektivare kylning, än då vattnet matades till fallspalten. Ett annat resultat var att det tar en viss tid mellan det att styrvavar och bränslestavar smälter, d v s man kan få ett "tidsfönster" under vilket man har en styrvavsfri, men i övrigt intakt bränslehård. Risk finns då att återkriticitet kan inträffa ifall återflödning fås inom detta tidsfönster.

Återflödningsstudien följdes därför av en analys av återkriticitet med hjälp av olika koder för reaktorkinetikberäkningar. Resultaten visade att man vid återflödning i en BWR kan få återkriticitet med en mycket hög (flera gånger större än nominell effekt), men kortvarig effekttopp, vars amplitud ökar med återflödningshastigheten. Preliminära resultat tyder på att effekten sedan kan stabiliseras på en, jämfört med resteffekten, förhöjd nivå. Överslagsberäkningar visar att om effekten stabiliseras på 20 % eller mer av nominell effekt kommer nuvarande säkerhetssystem inte kunna förhindra att reaktorinneslutningen brister.

Återkriticitetsprojektet initierade vidareutveckling av de använda koderna vilket ledde till förslag om fortsatt arbete med detta inom ett EU-projekt, SARA, som ska genomföras under 1997-98.

I nästa delprojekt studerades det sena härdsmältförloppet, när reaktorhärden inte återkyls utan fortsätter att upphettas så att smälta rinner ner till botten av reaktortanken. Genomförda studier visar att för BWR av ABB ATOMS konstruktion genomsmältning av tankbotten sannolikt först inträffar i genomföringarna för instrumenttuber. Om, vilket beräkningar med koden MELCOR/BH anger, härdresterna först fragmenteras och kyls då de faller ner genom vattnet som finns i tankbotten, skulle instrumenttuberna smältas igenom ca 1 h efter att torrkokning erhållits i tankbotten. Detta är betydligt senare än om det antages att instrumenttuberna är inbäddade i en homogen smälta, vilket ger genomsmältning efter mindre än en minut efter kontakt med smältan. I dessa förenklade studier har dock inte tagits hänsyn till fenomen som utflöde av smälta och möjlig blockering vid återfrysning i tuberna. Om detta beaktas kan tankhaveriet ske senare genom lokalt krypbrott. De olika koderna (MAAP, MELCOR) gav stora skillnader i tid för lokalt krypbrott, särskilt i fall med lågt tryck. I fall med högt tryck var det bättre överensstämmelse mellan koderna, båda gav lokalt krypbrott efter 1 - 3 h från torrkokning i tankbotten.

Även kylningen av härdsmältan i tankbotten beräknades olika med MAAP och MELCOR. Enligt MELCOR är den metalliska delen av härdgruset inte kylbar vid sen återflödning p g a kraftig exotermisk oxidation, medan MAAP i regel beräknade gynnsammare kylning, vilket till stor del berodde på antagandet om att en spalt bildas mellan tankvägg och härdrester där värmetransporten är effektiv.

I ett annat delprojekt som bedrivits vid KTH har man teoretiskt och experimentellt studerat värmetransport hos härdsmältan i botten av tanken och fenomen vid utströmning genom hål i tankbottens vägg. En 2-dimensionell modell för värmetransporten i en homogen smälta med halvsfärisk geometri har tagits fram, och modellen har sedan tillämpats på en typisk BWR-tank för att utvärdera hur genomsmältning och utströmning sker i ett hål som utvidgas genom avsmältning (ablation). Resultatet härav ger en tid till genomsmältning efter 2-5 h efter att uppvärmningen börjar vid för en nordisk BWR typiska förhållanden. Utvecklingen av de teoretiska modellerna baserades bl a på experiment vid KTH med simulerade härdsmältor av olika sammansättning. Dessa undersökningar bestyrkte resultaten av de teoretiska beräkningarna, som visade på snabb förstoring av ett hål och en 2-D avsmältningsprocess.

Det fjärde delprojektet gällde fenomenet i inneslutningen vid högtrycksgenomsmältning av reaktortanken. Beräkningarna visade att man kan få en tryckpuls i utrymmet under tanken och i drywell på upp till 8 bar under utblåsningens första

minut. Största påkänningen i inneslutningens genomföringar fås troligen av de höga gastemperaturer som uppnås, och som beräknades till 800-1000 K i drywell. De höga gastemperaturerna förorsakas av utströmning av överhettad ånga och av oxidation av metaller i de utströmmande härdresterna. Beräkningarna med MELCOR/BH-modellen, i synnerhet, gav hög andel metallisk smälta i utströmningen genom instrumenttuberna. I dessa studier togs inte hänsyn till eventuella bränsle-kylmedelreaktioner (FCI). Vissa analytiska studier av FCI-relaterade frågor såsom ångexplosioner har emellertid gjorts vid KTH. Dessa studier tyder på att förutsättningarna för att få ångexplosion med oxidisk smälta är beroende av sammanhållningen och förmågan att stå emot hastig fragmentering av en smält härdklump. Oxidsmältor kännetecknas av att ha ett större temperatur-område för bildandet av klumpformiga smältedelar än metalliska smältor.

I ett femte delprojekt påbörjades källtermsanalyser för en svensk PWR, Ringhals 2, med s k mekanistiska koder (SCDAP/RELAP5 och CONTAIN), som är mer detaljerade än de integrala koder för parameterstudier (t ex MAAP) som tidigare använts. Denna studie blev för omfattande för att helt kunna fullföljas under sista året av RAK-2.1. Arbetet pågår ännu och beräknas kunna avslutas med nationellt bidrag. Det tidskrävande arbetet med stationsdatainsamling för Ringhals 2, modellering och indatapreparering till beräkningskoderna har genomförts och beräkningsarbetet pågår.

Forskningsområdet för RAK-2.2 innefattade utveckling och test av ett datorbaserat operatörsstödsystem för haverihantering (CAMS = Computerized Accident Management Support). CAMS är ett system som ger information om en reaktors tillstånd vid såväl normal drift som under haveriförlopp. Förutom att vara till hjälp för att fastställa drifttillståndet, ger det stöd vid bedömning av möjliga haveriförlopp, och underlag för planering av nödvändiga konsekvenslindrande åtgärder. CAMS ger dock inte stöd vid genomförandet av en vald strategi för konsekvenslindring.

CAMS består av en datasamlingmodul (DA), en signalbehandlingsmodul (SV), en signalföljningssimulator (TS), en predikteringsimulator (PS), en modul för identifiering av stationstillståndet (SI), en modul för probabilistisk säkerhetsanalys (PSA) och en man-maskin-gränssnittsmodul (MMI). Samordningen mellan dessa moduler sköts av en överordnad modul (SM, System Manager). Till detta finns ytterligare två moduler som ännu så länge är fristående, en strategigenerator (SG) och modul för kontroll av kritiska funktioner (CFM).

Första fasen av CAMS-projektet (1992 – 1994) behandlade i huvudsak följande uppgifter:

- informationsbehovet vid normaldrift och vid haveri i en kärnkraftanläggning

- metoder som med framgång kan tillämpas i ett CAMS-system
- krav ur man-maskinsynpunkt och mänskligt handhavande

Genom Statens kärnkraftinspektion i Sverige anordnades ett praktiskt prov med CAMS vid en säkerhetsövning den 4-e maj 1995. Vid tillfället fanns ingen direkt datalänk mellan reaktorstationen och CAMS, som är avsikten, utan CAMS var i stället kopplad till en närbelägen simulator. Den senare uppdaterades med information från reaktorstationen per telefon. Bortsett från tidsfördröjningen var det från CAMS synvinkel ingen skillnad mot om data hade överförts direkt från stationen. Demonstrationen visade att CAMS kan vara ett bra verktyg för en myndighet som SKI. En direkt datalänk till stationen förbättrar användbarheten. Övningen gav många synpunkter och förslag till förbättringar i CAMS.

Huvudsyftet med andra steget i CAMS-projektet var att testa systemet under simulerade förhållanden, och med olika metoder verifiera att de många funktioner som tagits fram fungerar effektivt och samverkar på avsett sätt genom att:

- Utveckla och integrera sådana moduler som signalföljningssimulatorn (TS), signalbehandlingsmodulen (SV), modulen för identifiering av stationstillståndet (SI), PSA och predikteringsimulatorn (PS). Utvärdera hur varje uppgift genomförs samt identifiera för- och nackdelar i använd metod.
- Konstruera en funktionsstruktur som gör det möjligt att samordna och synkronisera aktiviteterna i de olika modulerna. Det sammantagna resultatet skall då tillgodose informationsbehovet på tillfredställande sätt.
- Utveckla och testa lämpligt gränssnitt för olika slags användare med skilda behov och grundkunskaper.

Under utvecklingen av CAMS har betydande ansträngningar gjorts för att bibehålla CAMS-konceptets generalitet. Även om det hittills baserats på BWR-system kan CAMS-strukturen användas för andra processer. För detta syfte har CAMS en speciell fördel genom sin moduluppbyggnad, där varje funktion och modul är fristående och kan utelämnas, inkluderas eller ändras oberoende av de andra. Dessutom kan externa hjälpprogram (APROS, GPS, Picasso-3, etc) enkelt läggas till, allt efter tillämpningsfall. Denna lösning är också i linje med den testplattform som nämnts ovan, där man kan antaga att behov finns av att prova olika lösningar för en enstaka modul inom ramen för hela CAMS-systemet.

Det tredje forskningsområdet, RAK-2.3, innefattade undersökning, insamling, systematisering och utvärdering av data för reaktorer i nordiskt närområde för att kunna användas av säkerhetsmyndigheter och beredskapsorganisationer i Norden.

Arbetet var en utvidgning av föregående NKS-projekt SIK-3 (1990-1993), där data för utvalda reaktorer i Tyskland, Litauen och Ryssland insamlades. Nu kompletterades med data för reaktortyper, inklusive satellitreaktorer, som finns i

Storbritannien. Utförliga rapporter har publicerats för brittiska reaktortyper som AGR, FBR, Magnox och PWR. Dessutom inskaffades data för mobila reaktorer i satelliter, ubåtar och andra fartyg med reaktordrift. Uppgifter om haverier i reaktordrivna fartyg har också analyserats. Beskrivningen av mobila reaktorer har publicerats i NKS/RAK-2-rapporter.

En PC-baserad databas har skapats för reaktorer i nordisk närhet. Syftet med databasen är att på ett snabbt sätt ge tillgång till uppgifter om någon av dessa reaktorer, i första hand för nordiska säkerhetsmyndigheter i nödsituationer. Databasen upptar kärnkraftanläggningar som ingick i SIK-3-projektet, d v s de som ligger inom 150 km avstånd från något nordiskt lands gränser och därtill kärnkraftanläggningar i Storbritannien.

Databasen framtogs för systemet Microsoft Access och kan lätt implementeras i olika existerande datorsystem. För närvarande planerar man att lägga in databasen i ett informationssystem som utvecklas av Beredskabsstyrelsen i Danmark.

AFA-1: Säkerhet vid slutförvaring av avfall

Projektledare: Karin Brodén, Studsvik RadWaste

Generellt

Under 1994-1997 genomfördes inom ramen för NKS (Nordisk kärnsäkerhetsforskning) ett projekt om slutförvaring av radioaktivt avfall. Syftet med projektet var att ge myndigheter och avfallsproducenter i de nordiska länderna underlag för undersökningar beträffande behandling och slutförvaring av radioaktivt avfall. Projektet kallades NKS/AFA-1. Det uppdelades i tre under-projekt: AFA-1.1, AFA-1.2 och AFA-1.3. AFA-1.1 handlar om avfallskaraktisering, AFA-1.2 handlar om funktionsanalys för slutförvar och AFA-1.3 handlar om miljökonsekvens-beskrivningar (MKB; MKB är i Finland förkortning för miljökonsekvens-bedömning). Studierna fokuserades huvudsakligen på hantering av lång-livat låg- och medelaktivt avfall från forskning, sjukhus och industri.

Representanter från alla de nordiska länderna har deltagit i vart och ett av underprojekten. Huvuddelen av arbetet har genomförts med ett brett deltagande. Detta har bidragit till bättre förståelse för avfallssituationen i de olika länderna och också gjort det möjligt att lära från varandra. Dessutom har arbetet i några fall bidragit till gemensamma rekommendationer.

Avfallskaraktisering (AFA-1.1)

AFA-1.1-studien inkluderade en översikt av avfallskategorier i den nordiska länderna och metoder att bestämma eller uppskatta avfallsinnehållet. Nya tillgängliga metoder presenterades baserade på svar på förfrågningar, som skickats ut till leverantörer.

Inom studien gjordes dessutom rekommendationer beträffande karaktisering av avfall under behandling och karaktisering av befintliga och gamla avfallskollin. Det är tillrådligt att om möjligt få information om avfallet under behandling. Det är också enklast att klassificera avfallets kemiska och fysikaliska sammansättning under behandlingen. När radioaktivt avfall hanteras bör emellertid dosratmätningar göras innan alla övriga procedurer. Referensnuklider kan ibland användas för uppskattningar om svårsmätbara nuklider.

Nya regler om avfalls-inventarium kan kräva nya uppskattningar om gamla avfallskollin. Den befintliga dokumentationen om ett avfallskolli är då den primära informationskällan.

Funktionsanalys (AFA-1.2)

AFA-1.2-projektet behandlade funktionsanalys för barriärsystemet i närområdet till slutförvar för lång-livat låg- och medelaktivt avfall. Ämnesområdet begränsades med avsikt så att det omgivande geomediet inte diskuterades. Detta gjorde det möjligt att diskutera genomförande av en mer generell funktionsanalys, som är oberoende av att olika geomedier kan komma i fråga i de nordiska länderna.

Resultaten från AFA-1.2-studien inkluderade en kort översikt över olika befintliga och planerade avfallshanteringssystem i de nordiska länderna. Tonvikten i projektet lades emellertid på en generell diskussion om metodiker utvecklade för och tillämpade på funktionsanalys för avfallsförvar. Några företeelser och interaktioner som gäller för ett generellt förvar diskuterades också. En metod, den så kallade RES-metoden (Rock Engineering System) valdes ut för demonstration. Möjliga interaktioner och deras betydelse diskuterades för en förenklad generell nordisk förvarstyp som referenssystem.

I studien inkluderades också en kort översikt över genomförda funktionsanalyser i Norden för aktuella slutförvarsprojekt.

Miljökonsekvensbeskrivningar (AFA-1.3)

Resultaten från AFA-1.3 studien inkluderar information om likheter och skillnader mellan MKB-processer (miljökonsekvensbeskrivningsprocesser) i de nordiska länderna samt en översikt över erfarenheter från MKB-processer i länderna, både inom och utom det nukleära området.

Systemet för miljökonsekvensbeskrivningar i ett land är beroende av lagstiftningens struktur, lagstiftningens tillämpning, administrativ praxis och allmänna samhällliga målsättningar. Det är därför naturligt att MKB-systemen skiljer sig från land till land även om EU-direktiv och internationellt accepterade principer tillämpas. Det finns t. ex. skillnader i mål för MKB-system i de nordiska länderna. MKB-system i Danmark ska ge garanti för specifik bedömning av miljökonsekvenser för vissa projekt i samband med markanvändning. Tyngdpunkten ska läggas på allmänhetens deltagande och en öppen beslutsprocess. MKB-system i Finland, Island och Norge ska ge garanti för särskild bedömning av miljökonsekvenser för vissa projekt. Tyngdpunkten ska läggas på den projektansvariges planering och allmänhetens deltagande. MKB-system i Sverige ska ge beslutsmyndigheter underlag för bedömning av inverkan på miljö, hälsa och säkerhet samt på allmänna intressen enligt naturresurslagen för ett brett spektrum av projekt. Skillnader finns också beträffande ansvar för miljökonsekvensbeskrivningar. Byggherren för byggprojektet är ansvarig för MKBn i Finland, Island, Norge och Sverige. Myndigheten är ansvarig för MKBn i Danmark.

EKO-1: Marin radioekologi

Projektleder: Sigurður Emil Pálsson, Geislavarnir ríkisins

I den oprindelige projektplan for NKS/EKO-1 projektet fremgår følgende:

Hovedformålet med projektet er at gøre det muligt at udføre bedre og hurtigere vurderinger af sundhedsmæssige og økonomiske konsekvenser af udslip af radioaktive stoffer til havmiljøet.

Dette udsagn afspejler, at man ofte er nødt til at tage hensyn til forureningskilder, der udgør forholdsvis små sundhedsmæssige risici, men som kan fremkalde betydelig bekymring i befolkningen og således være af stor (f.eks. økonomisk) betydning for samfundet.

Vurderinger af konsekvenser af radioaktiv forurening baserer sig ofte på modeller, der beskriver transport af radioaktive stoffer i miljøet. De vigtigste processer for transport og overførsel af radioaktive stoffer i det marine miljø er følgende:

1. havstrømme og opblanding af vandmasser
2. vekselvirkning mellem vand og sediment
3. biologisk optag (f.eks. optag af radioaktivitet i fisk)

Af disse processer er vekselvirkningen mellem vand og sedimenter blevet undersøgt forholdsvis mindre end de andre. Det blev derfor besluttet at fokusere EKO-1 projektarbejdet på radioaktive stoffer i sedimenter og vand og på vekselvirkningen mellem disse medier. Sedimenternes egenskab til at binde radioaktive stoffer fra havvandet er en vigtig faktor. Denne beskrives ved den såkaldte sediment fordelingskoefficient K_d , der udtrykker forholdet ved ligevægt af koncentrationen af radioaktivitet i sedimentet i forhold til koncentrationen i vandet.

Arbejdet i EKO-1 projektet blev planlagt som følger:

1. *Modelarbejde* - Identifikation, estimering og validering af de vigtigste parametre
2. *Undersøgelser*
 - 2a) *Feltstudier*:
 - 2a1) Typiske nordiske miljøer
 - 2a2) Miljøer med særlige fysiske eller kemiske forhold
 - 2b) *Laboratorieundersøgelser*
3. *Informationsarbejde* – Seminarer, rapporter, artikler

I projektarbejdet blev endvidere lagt vægt på andre aspekter, der var af betydning for projektets formål:

- Kvalitetssikring
- Brug af internettet for en mere effektiv informationsformidling
- Forbindelser til tilsvarende arbejde inden for NKS/EKO-2.3 projektet om ferskvandsøkosystemer

- Forbindelser til andet internationalt arbejde inden for marin radioøkologi for at undgå overlap
- Støtte til forberedelse og planlægning af et nyt nordisk kursus i radioøkologi.

Øget nordisk kompetence og samarbejde inden for marin radioøkologi

Blandt de vigtigste resultater af EKO-1 projektet er den øgede nordiske kompetence og det øgede samarbejde indenfor marin radioøkologi, især vedrørende vekselvirkningen mellem radioaktive stoffer og marine sedimenter. Kun enkelte af de nordiske lande har tidligere forsket inden for dette område, og der har ikke tidligere været gennemført fælles-nordiske forskningsprojekter f.eks. med sammenstilling af sedimentationsrater og niveauer for ^{137}Cs og $^{239+240}\text{Pu}$ i sedimenter. Kvaliteten af det udførte arbejde er dokumenteret i de videnskabelige artikler, der er blevet offentliggjort som en følge af projektarbejdet. EKO-1 projektarbejdet har desuden bidraget til to ph.d. afhandlinger, den ene afsluttet i april 1997 og den anden i 1998. Desuden er gennemført to kandidatafhandlinger (M.Sc.) baseret på projektarbejdet.

Matematiske modeller er vigtige redskaber for at kunne vurdere de potentielle eller faktiske miljømæssige konsekvenser af radioaktiv forurening. Det er endvidere vigtigt med erfarne folk, der kender modellerne, ved hvad de kan benyttes til og resultaternes nøjagtighed. Det kræver erfaring at fortolke modelresultater uanset hvilken model, de stammer fra.

Modelundersøgelser

EKO-1 projektet har støttet modelstudier for Østersøen og for langtidskonsekvenserne af atomreaktorer dumpet i Karahavet og fra Komsomolets undervandsbåden.

Modelberegninger har vist, at kollektivdoser fremskrevet til år 2050 til befolkningen omkring Østersøen fra ^{137}Cs i fisk er omkring 1400 manSv fra radioaktivt nedfald fra Tjernobylulykken, 700 manSv fra nedfald fra atmosfæriske atomprøvesprængninger og 200 manSv fra europæiske oparbejdningsanlæg. Andre kilder, så som nukleare anlæg, bidrager langt mindre (1 manSv). Den radioaktive forurening bidrager dog langt mindre til den samlede kollektivdosis end naturligt forekommende radioaktivitet, hvor Po-210 i samme periode giver en kollektiv dosis på 20000 manSv.

De sundhedsmæssige konsekvenser af udslip af radioaktivitet fra ubådsreaktorerne, der blev dumpet af Sovjetunionen i Karahavet, er blevet vurderet ved modelberegninger. Kollektivdoserne til verdens befolkning blev omkring 1 manSv fremskrevet over 10000 år.

Endvidere blev de sundhedsmæssige konsekvenser af hypotetiske udslip af plutonium fra den sovjetiske Konsomolets ubåd, der sank på 1600 m dybde i 1989 ved Bjørnøen undersøgt ved modelberegninger. Kollektivdosen til verdens befolkning blev beregnet til 8 manSv ved en fremskrivning på 1000 år.

Pålideligheden af modelberegningerne er blevet undersøgt ved sammenligning mellem beregnede og målte værdier, sensitivitetsanalyser og parameterusikkerhedsanalyser. Usikkerhedsanalysen af kollektivdoserne fra dumpningerne af ubådsreaktorerne i Karahavet har vist sig at give en variation på to størrelsesordener. Dette betyder, at kollektivdosen på 1 manSv vurderes til ikke at overstige 100 manSv.

Laboratorieundersøgelser

Laboratorieundersøgelser har bidraget til at forbedre forståelsen af vekselvirkningen mellem vand og sediment. Sediment-fordelingskoefficienten K_d har vist sig at variere med hensyn til både sediment type og salinitet. Variationen med sedimenttyper blev fundet til en størrelsesorden, og samme sedimenttyper viste K_d -værdier, der var op til to størrelsesordener højere for ferskvand end for havvand. Dette medfører, at oversvømmelser ved floder hvor kontaminerede sedimenter transporteres til havet, kan forårsage frigørelser af radioaktiv forurening fra sedimenterne. Resultaterne af laboratorieundersøgelserne er også vigtige for modelarbejdet, hvor K_d er en vigtig parameter. Undersøgelserne giver en forbedret forståelse og kvantificering af den variation, man ser for denne parameter.

Feltstudier

Feltstudier har fundet sted inden for to hovedområder:

1. Miljøer med særlige fysiske og kemiske forhold (vægt på processer)
2. Miljøer typiske for norden (vægt på regionale forhold)

Miljøer med særlige fysiske og kemiske forhold (processtudier)

Undersøgelserne af processer har koncentreret sig om, hvorledes plutonium opfører sig i sedimenter og vekselvirker med sedimenter. Man har længe spekuleret over muligheden af remobilisering af plutonium fra sedimenter, men indtil nu har det ikke været bevist. I særlig grad har man undersøgt muligheden for remobilisering under anoxiske (iltfattige) forhold. Ringe tilførsel af iltet vand og tilstedeværelse af organisk materiale forårsager anoxiske forhold i betragtelige områder ved bunden i Østersøen (omkring 19% af det samlede område). Denne situation kan også opstå i bugte og fjorde i Skagerrak og Kattegat. En undersøgelse i Framvaren Fjord i Norge er den første, hvor man har fundet bevis på remobilisering, og hvor man har udviklet en model til at beskrive processen. Det fremgår, at remobiliseringen af aktinider fra sedimentet kræver, at de anoxiske forhold har været gældende i en længere årrække. Undersøgelser af plutonium under anoxiske betingelser er

også blevet foretaget i Hestholmsfjärden Bugt i Finland. Radioaktive stoffer fra Loviisa atomkraftværket udledes til bugten, der bliver anoxisk i visse perioder af året. Her var det imidlertid ikke muligt at påvise remobilisering af plutonium eller cæsium fra sedimenterne. Dette er imidlertid ikke i uoverensstemmelse med resultaterne fra Framvaren Fjord, som viste at de anoxiske forhold skal være til stede i lang tid, før remobiliseringen finder sted. Plutonium kan transporteres med floder til marine økosystemer. En undersøgelse af de processer, der finder sted i et område med opblanding af ferskvand og havvand blev foretaget i udløbet af Kalix elven i Nordsverige, hvor elven løber ud i Østersøen. Prøver af lagdelte sedimentkerner og opslemmede sedimentpartikler indsamlet i munden af Kalix elven viser, at tilførslen af plutonium til Østersøen med floder på nuværende tidspunkt er af mindre betydning, men at tilførslen på længere sigt kan blive en vigtig kilde, da opholdstiden af plutonium i Østersøens vand er meget kortere end opholdstiden i flodernes afvandingsområder. Afvandingsområder, der består af moser og andre vådområder, vil i denne sammenhæng være af særlig betydning.

Miljøer typiske for norden (regionale forhold)

Der er foretaget feltundersøgelser i en række områder af betydning for de nordiske lande. Områderne har strakt sig fra Thule på vestkysten af Grønland til de Arktiske have nord for Sibirien. Desuden har Østersøen og dele af Atlanterhavet været inddraget. For det meste er dybdefordelingen af radioaktive stoffer i sedimenterne bestemt tillige med sedimentationshastigheder og sediment fordelingskoefficienter K_d . Ved undersøgelserne er parameterværdier blevet bestemt for forskellige lokaliteter. Undersøgelserne viste endvidere, at sedimentationshastigheder i visse tilfælde ikke kunne bestemmes korrekt ved kun at benytte en enkelt metode. I en undersøgelse i Østersøen blev foretaget en omfattende sammenligning af forskellige metoder. Der blev ikke fundet systematiske forskelle mellem metoderne, men ingen af metoderne blev fundet velegnet til rutinemæssig anvendelse. Det blev konkluderet, at man så vidt muligt bør benytte mere end en enkelt metode til at bestemme sedimentationshastigheder.

En undersøgelse i de arktiske have viser ingen tegn på større forureningskilder for radioaktivitet, når man ser bort fra de velkendte bidrag fra nedfaldet fra stormagternes atmosfæriske atomvåbenforsøg, udslip fra europæiske oparbejdningsanlæg og Tjernobylulykken. Undersøgelsen udelukker dog ikke muligheden af mindre udslip fra dumpet radioaktivt affald i Karahavet og udslip med de sibirske floder fra russiske nukleare anlæg.

Kvalitetssikring

Kvalitetssikring har været et væsentligt element i arbejdet med EKO-1 projektet. Der er især blevet lagt vægt på følgende to forhold:

- a) Prøveindsamling
- b) Radiometrisk analyse

Udformningen af et apparat til prøvetagning af sedimenter kan være afgørende for resultaterne. En prøvetager, der er velegnet til visse forhold eller undersøgelser kan være mindre egnet til andre forhold. I forbindelse med projektet blev foretaget en opgørelse af de prøvetagere, der benyttes af projektdeltagerne. Opgørelsen er afrapporteret sammen med en gennemgang af fordele og ulemper ved de forskellige prøvetagere.

Blandt deltagerne i NKS EKO-projekter blev desuden foretaget en sammenligning af analyseresultater for radioaktivitet i sedimentprøver. Enkelte andre laboratorier blev inviteret til at deltage, nogle fra de Baltiske stater. To typer sedimenter blev sendt til deltagerne for bestemmelse af radioaktivitetsindhold, og resultaterne blev derefter sammenlignet og sammenstillet i en rapport. Sammenligningen viser, at mange laboratorier ikke opnåede tilfredsstillende resultater i forhold til de anvendte kriterier. Dette var især tilfældet for beta-emittere (f.eks. ^{90}Sr). Undersøgelsen viste også, at kvaliteten af analyserne af gamma-emittere (f.eks. ^{137}Cs), kan forbedres betydeligt for flere laboratorier. Arbejdet med at forbedre kvaliteten ved gammaspektrometriske analyser er efterfølgende blevet taget op i EKO-3.2 projektet.

EKO-1 seminarer

EKO-1 seminarerne har været endnu en faktor, der har bidraget til at forøge den nordiske kompetence indenfor området. Radioøkologi rummer mange discipliner og anvender mange metoder, der også anvendes til at bestemme stabile stoffer. EKO-1 seminarerne er derfor blevet benyttet til at samle såvel deltagere i EKO-1 projektet og andre nordiske eksperter som nordiske eksperter indenfor beslægtede områder og andre internationale eksperter. I løbet af projektperioden er der blevet afholdt to seminarer med temaer af betydning for projektarbejdet:

- Kristineberg, 20-21 september 1995, *Sedimentationsprocesser*
- Helsinki, 2-3 April 1997, *Datering af sedimenter og bestemmelse af sedimentationshastighed*

Flere deltagere i EKO-1 projektet har givet udtryk for, at disse seminarer har givet dem stort fagligt udbytte.

Brug af internet teknologi til informationsformål

I løbet af projektperioden 1994-1997 er der sket en eksplosiv vækst i brugen af internet teknologi. EKO-1 projektet har benyttet sig af de muligheder internettet giver både med hensyn til elektronisk post og information via World Wide Web. Megen kommunikation indenfor projektgruppen mellem projektlederen og delta-

gerne er foregået via elektronisk post, og adskillige tekster og dokumenter er blevet fordelt til projektdeltagerne og andre via EKO-1 hjemmesider.

Kontakt til de Baltiske stater

Institutioner i de baltiske stater er blevet inviteret til at deltage i EKO-1 sammenligningen af analyseresultater for radioaktivitet i sedimentprøver. Efterfølgende deltog flere af disse laboratorier i EKO-3.2 arbejdet med kvalitetssikring i radioanalytisk arbejde med gammaspektrometri. De deltagende baltiske laboratorier har givet udtryk for stor tilfredshed ved at deltage i NKS arbejdet og udtrykt ønske om at fortsætte. Deltagelsen af de baltiske laboratorier i EKO-1 sammenligningen fandt sted uden betaling fra NKS.

Anbefalinger

Det økonomiske bidrag, som NKS har stillet til rådighed for EKO-1 projektet har været af afgørende betydning for arbejdet. Projektet har dog ikke kunne gennemføres med de opnåede resultater uden de nationale økonomiske bidrag, der har været betydelige. NKS's bidrag har imidlertid været afgørende for, at samle aktiviteterne fra deltagerne til en fælles-nordisk aktivitet. EKO-1 projektet har medført, at de nordiske lande nu er langt bedre i stand til at vurdere kort- og langtidskonsekvenserne af udslip af radioaktivitet til det marine miljø.

Radioaktiv havforurening er fortsat et emne, der undertiden skaber bekymring i de nordiske lande. Østersøen er et vigtigt spisekammer for mange af de nordiske lande. Selv om strålingsdoser til mennesker fra konsum af fisk fra Østersøen er relativt små, kan de være betragtelige i forhold til strålingsdoser fra andre typer af radioaktiv forurening. I Danmark skyldes hovedparten af strålingsdoserne til befolkningen fra radioaktiv forurening konsum af fisk fra Østersøen.

Et NKS projekt med fokus på Østersøen vil være af stor betydning for de nordiske lande. Projektet kan kombineres med undersøgelser af kort- og langtidsvirkninger af transport af radioaktivitet med floder fra landområder til Østersøen.

Der har for nylig været offentlig opmærksomhed i de nordiske lande på de mulige virkninger af forøgede udslip af radioaktivitet (^{99}Tc) fra Sellafield i England. Det er af betydning for de nordiske myndigheder for strålingsbeskyttelse at kunne vurdere betydningen af disse udslip. I forbindelse med et nyt NKS projekt kan udslippet af ^{99}Tc endvidere benyttes som sporstof for vandstrømme i Atlanterhavet, det Arktiske Ocean og Østersøen.

NKS giver et vigtigt bidrag til at vedligeholde kompetencen inden for radioaktivitet i miljøet i de nordiske lande. Men NKS bidrager også til at opbygge ny viden. I forbindelse med det tidligere NKS program (1990-1993) blev et kursus i radio-

økologi afholdt i Lund i 1991. Mange deltagere fra dette kursus har været aktive i EKO-1 og EKO-2 projekter under den nuværende programperiode. Et nyt kursus i radioøkologi er blevet planlagt til foråret 1998. Bidrag fra NKS til støtte for kurset og andre aktiviteter vil forstærke opbygningen af kompetence.

De nordiske lande har indenfor NKS etableret en tæt og uformel måde at samarbejde på. Gennem EKO-1 projektet har NKS skabt et netværk af sagkyndige i de nordiske lande inden for marin radioøkologi. Andre former for internationalt samarbejde og projekter kan ikke erstatte dette netværk. Det er vigtigt, at NKS fortsat støtter forskning indenfor radioaktivitet i det marine miljø. I modsat fald kan det på længere sigt blive vanskeligt at håndtere problemer om radioaktiv havforurening, der vækker bekymring i de nordiske lande, især i tilfælde af et pludseligt udslip.

EKO-2: Lange økologiske halveringstider i semi-naturlige systemer

Prosjektleder: Tone D. Bergan, Institutt for Energiteknikk (IFE)

Livsmedel från seminaturliga områden, som t ex icke uppodlade betesmarker och utmarker, svarar för en avsevärd andel av intaget av radiocesium och radiostrontium, och därigenom även för dosen till människa. Produkter från intensiv agrikulturell produktion uppvisar korta halveringstider. Så vartefter tiden går efter ett radioaktivt nedfall, kommer livsmedel som svamp, vilt och färskvattenfisk alltmer att vara de dominerande med avseende på intaget av radionuklider.

I projektet EKO-2 har tre problemområden studerats: får som betar på icke odlad betesmark, inflytandet av svamp, samt färskvattenfisk. Huvudsyftet har varit att identifiera bidraget från seminaturliga system genom att bestämma ekologiska halveringstider för specifika livsmedel från dessa områden, och därigenom bestämma dosen till människa. Genom att infoga dessa halveringstider i befintliga modeller, kan osäkerheten i dosberäkningarna minska. I händelse av ett nedfall blir det möjligt att snabbt skaffa sig en bild av möjliga konsekvenser, och att vidta lämpliga motåtgärder.

I de pågående projekten har vi producerat eller sammanställt data under 8 – 11 år efter Tjernobylylyckan. Tidsserierna har varit nödvändiga för att uppskatta de ekologiska halveringstiderna. Under projektperioden 1994 – 1997 har vi visat att de tidsberoende nivåerna av radionuklider i livsmedel från de utvalda områdena inte beskrivs särskilt väl av någon ”ekologisk halveringstid”. Med ökande tid ökar även halveringstiden.

De nordiska ekosystemen återhämtar sig allt långsammare från kontamineringen med radiocesium från Tjernobylylyckan, samtidigt som områdena varierar avsevärt i känslighet och återhämtningshastighet. Följaktligen ökar de ekologiska halveringstiderna gradvis och kan inte betraktas som konstanter, varken i tid eller rum. Fast det inte har varit enkelt att bestämma enkla eller generella halveringstider, har projekten bidragit till värdefull insikt i de mekanismer som styr överföringen av radionuklider och givit ökade kunskaper om typiska nordiska ekosystem.

Lammprojektet

Systemet jord – vegetation – lamm har studerats i fem länder: Island, Färöarna, Danmark, Sverige och Norge. Samordnad provtagning började 1990 och har hållit

på fram till 1997. Man har funnit stora olikheter i överföringen, och genom att studera produktionsintensiteten, produktionen av biomassa, klimatologiska förutsättningar, förekomsten av svamp, intag av jord och experimentella studier av stabila element i jorden har en del av olikheterna kunnat förklaras. Eftersom jord är en viktig reservoar för radionuklider i det terrestriska systemet, har jordens egenskaper varit den viktigaste faktorn för de olika överföringsfaktorer som studerats i de olika betesområdena.

Skogsprojektet

Konsumtionen av matvaror från skogssystemet (t ex bär, svamp, färskvattenfisk och vilt) har tidigare uppmärksammats endast i liten omfattning. En enkät har därför genomförts. Den fokuserade på konsumtion av bär och svamp, och riktade sig till personer i Danmark, Finland, Norge och Sverige. I Sverige överförs upp till 25 GBq radiocesium årligen till människan via svamp.

Svamp spelar också en betydande roll i radiocesiumupptaget av vegetation på högre nivå, och är troligen orsaken till att radiocesium är så lättillgängligt under så lång tid. De flesta djur uppvisar starkt stigande radiocesiumnivåer under svampsäsongen i augusti – september, och rådjur är bland de största konsumenterna av svamp. Upp till 20 – 30% av innehållet i magsäcken utgörs av svamp under denna period.

Limniska system: ekologiska halveringstider i nordiska insjöar

Betydelsen av denna konsumtion som bidragande orsak till interndoser till människa på grund av cesium-137 har visats i tidigare NKS-projekt. Det huvudsakliga syftet med detta projekt har varit att undersöka de processer och mekanismer som gör att radiocesium är lätt tillgängligt för upptag i fisk. En nordisk karta har utarbetats, som beskriver nedfall, limniska data (som vattenkvalitet, storlek, vattentransport), radiocesiumnivåer i färskvattenfisk och vatten, såväl som tillflöden från omgivande områden. Resuspension av radiocesium i sediment, liksom tillflöden från vatten-områdena har visat sig vara viktiga källor för biologiskt upptag, och således den dominerande faktorn som bidrar till långa ekologiska halveringstider i färskvattenfisk.

Om man antar att den framtida aktivitetsminskningen huvudsakligen kommer att styras av den fysikaliska halveringstiden, kan den till oändligheten tidsintegrerade aktiviteten approximeras till 10 – 20 kBq/kg per år, vilket skulle medföra ett signifikant dostillskott till kritisk grupp. Det är därför väsentligt att följa tidsutvecklingen av cesium-137 i fisk, liksom de styrande faktorerna i kritiska uppsamlingsområden och sjöar.

Slutsatser

Seminaturliga system blir allt viktigare med tiden vad gäller överföring av radionuklider till människa. Ekologiska halveringstider ökar med tiden.

EKO-3: Beredskabsstrategi og -procedure

Projektleder: Jens Hovgaard, Beredskabsstyrelsen

Projektets overordnede formål har været at assistere de Nordiske landes myndigheder i deres arbejde med at forbedre beredskabsplaner og internationalt samarbejde inden for udvalgte emner. Projektet er opdelt i fire underprojekter: mobile målinger, kvalitetssikring i prøvetagning og analyse, operationelle indgrebsniveauer samt interventionsniveauer og interventionsproblemer i landbruget og i fødevarersektoren.

Resultaterne fra øvelsen RESUME95 vedrørende mobile målinger demonstrerede de luftbårne måleholds fremragende ydeevne. Otte af de ti luftbårne målehold var i stand til at levere kort over cesium-137 fordelinger meget hurtigt efter målingernes afslutning, i nogle tilfælde i løbet af få timer. Generelt viste de opnåede cæsium depositions kort fra luftbårne og fra bil-baserede målinger de samme fordelinger, men med nogle variationer i de absolutte aktivitetsniveauer. De fleste af de observerede afvigelser kan tilskrives forskelle i kalibreringsmetoder og forskelle i de geometriske betingelser for de forskellige teknikker. Øvelsen viste at nøjagtig flynavigation og software for data-præsentation og analyse spillede en vigtig rolle i eftersøgningen af skjulte kilder.

Erfaringerne fra RESUME95 viste, at der er behov for yderligere operationelle øvelser med henblik på løsningen af en række specifikke problemer som f.eks. kalibrering af udstyret, reproducerbarheden af målingerne og en nøjere bestemmelse af de forskellige systemers geometriske synsvinkel. Betydningen af fejl i positionsbestemmelsen er også et vigtigt aspekt når resultaterne fra de forskellige målesystemer skal sammenlignes. Sådanne problemer bør tages i betragtning ved planlægningen af øvelser og ved valget af de områder, der skal opmåles.

Med hensyn til kvalitetssikring af prøvetagning og analyse har projektet givet et aktuelt billede af gammaspektrometriens stand i de nordiske lande. Problemerne er blevet kortlagt og løsningsforslag er fremlagt. Et af de områder, hvor der er påvist behov for forbedringer, er vigtigheden af at have adgang til software til gamma-spektrumanalyse, som er i stand til at korrigere for variationer i prøvernes højde og tæthed. Som et led i arbejdet er der fremstillet en brugerhåndbog for et sådant analyseprogram, som har været stillet gratis til rådighed for de deltagende laboratorier.

Sammenligningerne af analyseprogrammer viste, at der er betydelige afvigelser mellem de forskellige programmers kvalitet med hensyn til bestemmelse af toparealer i gammaspektre og at brugeren selv er en betydelig faktor. Det er derfor

vigtigt at fortsætte arbejdet med kvalitetssikring på dette område. Det er i den forbindelse vigtigt at specificere kravene til nøjagtighed og reproducerbarhed af de analyser og målinger, der skal anvendes i en beredskabssituation. Der er behov for at den information der genereres har et tilstrækkeligt troværdighedsniveau selv om manglen på tid og kapacitet i en beredskabssituation ikke tillader den højest mulige kvalitetsstandard.

Oversigten over de anvendte målegeometrier i de nordiske lande viste meget store variationer i udformningen af prøvebeholdere. Disse forskelle er tilfældige idet kravene til prøvebeholdere grundlæggende set er de samme for de fleste laboratorier. Der er i projektet påvist en række fordele ved at anvende ensartede målegeometrier: Simplere procedurer for interkalibreringer, større sikkerhed i forsyningen med prøvebeholdere og mulighed for at udveksle prøver i en beredskabssituation. En af projektets anbefalinger er derfor, at der bør tilstræbes enighed om at benytte nogle få af de anvendte prøvebeholdere som referencebeholdere. Herudover anbefales de nordiske laboratorier at deltage i det igangværende internationale arbejde med standardisering af prøvebeholdere.

En interkalibreringsøvelse for helkropsmålinger er også blevet gennemført med det resultat at nogle laboratorier allerede har forbedret deres kalibreringer. Sådanne interkalibreringer er specielt vigtige for de laboratorier, der ikke rutinemæssigt udfører helkropsmålinger. Der er udarbejdet en skitse til en håndbog i kvalitetssikring og til en teknisk håndbog.

Med hensyn til akkrediteringen af gamma-laboratorier har projektarbejdet bidraget til en tydeliggørelse af akkrediteringsprocessen for de deltagende laboratorier. Iværksættelsen af akkrediteringen er de enkelte institutioners eget ansvar, men der kan givetvis opnås arbejdsbesparelser ved at benytte de nordiske kontakter i denne proces.

Problemet med langtidsopbevaring af radiologiske data er et eksempel på et generelt problem vedrørende dataopbevaring. Projektarbejdets konklusion er derfor en anbefaling af nøje at følge udviklingen i informationsteknologien på dette område. Der gives enkelte anbefalinger med hensyn til mulige dataformater, idet der referes til et internationalt anvendt system.

Operationelle indgrebsniveauer er behandlet ved en probabilistisk model, hvori det antages at omfanget og varigheden af ulykken vil være ukendt på indgrebstidspunktet og at kun få detaljer om ulykken vil være tilgængelige til brug for en prognose. Metoden, som er udviklet under projektarbejdet, giver mulighed for at karakterisere de usikkerheder der vil være knyttet til virkningen af tidlig intervention i et forløb, hvor der spredes radioaktivt materiale i omgivelserne. Sådanne probabilistiske beregninger er en nødvendig forudsætning for at kunne optimere såvel planlægning som gennemførelse af modforholdsregler.

I en analyse af den probabilistiske metode, blev operationelle indgrebsniveauer af dosishastighedsmåling bestemt for indgrebet "gå inden døre", for nogle uheldsscenarier svarende til alvorlige reaktorhavarier. De fundne indgrebsniveauer er typisk en størrelsesorden højere end de indgrebsniveauer som anvendes i nordisk beredskabs-planlægning. Det bemærkes dog at indgrebsniveauerne er bestemt under forenkede antagelser, og de opnåede resultater skal først og fremmest ses som en illustration af konsekvenserne af den probabilistiske model.

På grundlag af dette metodestudium anbefales det, at operationelle indgrebsniveauer defineres i en probabilistisk sammenhæng. På denne måde kan et optimeret operationelt indgrebsniveau for en given beskyttelsesforanstaltning beregnes som den måleværdi, for hvilken den gennemsnitlige undgåede dosis er lig med det generiske indgrebsniveau.

Det anbefales herudover at udvikle den probabilistiske metode til brug for optimering af eksisterende og kommende målestrategier, f.eks. med hensyn til type og antal af målinger samt tidsskemaet for indsættelsen af mobile målehold.

Arbejdet med modforholdsregler inden for landbruget i en alarmperiode, herunder de nødvendige indgreb på gårdene i forbindelse med spredningen af radioaktivt materiale samt de problemer, der vil være forbundet med evakuering af gårde med dyrehold, blotlagde mange spørgsmål som må tages i betragtning, hvis der skal træffes beslutning om modforholdsregler. Overvejelserne viste klart, at der er mange indbyrdes forskelle mellem de nordiske lande med hensyn til den landbrugs-mæssige situation og forhastede konklusioner vedrørende harmonisering af modforholdsregler bør derfor undgås.

Samarbejdet mellem faggrupperne inden for strålingsbeskyttelse og inden for landbrugs- og fødevarerområdet har været meget frugtbar og nødvendigt. Med hensyn til fortsættelsen af dette samarbejde og udviklingen af beredskabet, anbefales det at lægge vægt på den fortsatte vidensopbygning og uddannelse samt fremstillingen af en fælles nordisk håndbog for området. Et tilfredsstillende indgrebsberedskab bør eksistere allerede i alarmperioden.

Det er nødvendigt at myndighederne på landbrugs- og fødevarerområdet stræber mod at udvikle en fleksibel organisering af beredskabet, således at de nødvendige indgreb kan gennemføres hurtigt og effektivt. En forudsætning herfor er at den nødvendige viden er tilsted med hensyn til hvilke indgreb, der kan anvendes og hvilke konsekvenser indgrebene har.

Det ville være formålstjenligt med et forum, hvor de landbrugs- og fødevarer eksperter, som indgår i beredskabsorganisationen, har mulighed for at udveksle synspunkter med eksperterne inden for strålingsbeskyttelse angående effekten og anvendeligheden af de forskellige modforholdsregler.

Det ville ligeledes være nyttigt i hvert land, at have en håndbog, der dækker beredskabsproblemerne for landbrugs- og fødevarersektoren. Håndbogen skulle behandle både beredskabsopbygning og alarmrutiner samt beskrive mulige indgreb og konsekvenser. Desuden kunne den indeholde den grundlæggende information, som vil gøre det muligt at tilpasse indgrebene til de foreliggende forhold.

EKO-4: Beredskapsøvelser og informasjon

Prosjektleder: Eldri Naadland, Statens strålevern

Målsetning for prosjektet

EKO-4-prosjektet har hatt som målsetting å bidra til kompetanseutvikling for personell i beredskapsorganisasjonene, synliggjøre og videreutvikle atomulykkesberedskapen, bidra til felles faglige vurderinger og koordinering mellom de nordiske land og bedre forståelsen for ulike tiltak og beslutninger i naboland gjennom felles nordiske øvelser og et bedret system for utveksling av informasjon og data mellom de nordiske land.

Øvelser arrangeres ofte for å validere planer og prosedyrer. Mellom de nordiske land finnes det imidlertid ingen felles beredskapsplaner. Grunnlaget for de nordiske øvelsene er bl.a. avtaler om varsling og informasjonsutveksling og en erkjennelse av at vi sammen kan utvikle atomulykkesberedskapen bedre enn hver for oss.

Øvelser kjennetegnes av at de er scenarie-baserte aktiviteter med ulikt omfang som har tre faser: planlegging, gjennomføring og evaluering. Aktiviteten kan gjennomføres i sann tid eller uavhengig av tid. Øvelser er ressurskrevende i alle faser, og det å arrangere felles nordiske øvelser kan være kostnadseffektivt.

Implementering av resultatene fra en øvelse regnes ikke som en del øvelsen, og implementering av øvelsesresultatene har derfor heller ikke vært et mål i dette prosjektet.

Aktiviteter i prosjektperioden

I prosjektperioden fra 1994-1997 har det blitt arrangert en rekke funksjonsøvelser eller øvelsesliknende aktiviteter innenfor ulike fagområder:

- vurdering av ulykker/analyse av kildeterm (seminar, 1997)
- spredning i luft (øvelser og seminarer, 1995 og 1996)
- doseberegning (øvelse og seminar, 1995)
- senfase-tiltak i urbant miljø (beslutningskonferanse, 1995)
- informasjonsovelse i tilknytning til RESUME95 (øvelse, 1995)

Etter serien av funksjonsøvelser ble det arrangert en større øvelse der nordiske målsettinger ble koplet til den internasjonale øvelsen INEX-2-FIN (i regi av OECD/ NEA).

Parallelt med øvelsene har det pågått et arbeid med å kartlegge ulike gruppers behov for verktøy for scenarie-utvikling, samt hvilke verktøy som er tilgjengelige, fordi planleggingsdelen av en øvelse vanligvis er svært ressurskrevende.

Arbeidet med å foreslå et nordisk system for data- og informasjonsutveksling har pågått uavhengig av øvelsesaktiviteten.

Resultater

Resultatene fra de ulike øvelsesaktivitetene er til dels svært sammenfallende. Dette er positivt, fordi det er ulike grupper som har deltatt i øvelser på ulike områder og sammenfallende konklusjoner er nyttig for et felles løft i det videre arbeidet med atomulykkesberedskap. Konklusjonene er oppsummert i det følgende, sammen med konkrete eksempler fra enkelte av øvelsene:

- Det er behov for å **videreutvikle hjelpemidler, metoder og verktøy**. Sammenlikning av spredningsmodeller er allerede gjennomført flere ganger i Norden, men områder for forbedring kan fortsatt identifiseres, bl.a. kan det arbeides mer med usikkerhet i modellene. Doseberegningsøvelsen viste at de verktøy som er i bruk er så ulike at det er vanskelig å sammenlikne resultatene, og en harmonisert videreutvikling er ønskelig. Når det gjelder vurdering av ulykker og kildeterm, er hjelpemidlene ennå ikke ferdig utviklet, men utveksling av informasjon om de verktøy som finnes var nyttig både for kjernekraftlandene og de øvrige nordiske land. Slik informasjonsutveksling kan også bidra til harmonisering i utviklingsarbeidet.
- Det er behov for å **videreutvikle systemer for kommunikasjon og informasjonsutveksling**. Etter INEX-2-FIN, den store øvelsen, ble det anbefalt å gjennomføre en mer detaljert studie av de ulike kommunikasjonskanaler for å kartlegge bedre hvordan de kan utnyttes. Under beslutningskonferansen om senfase-tiltak i urbant miljø, ble det pekt på behovet for god kommunikasjon mellom eksperter og beslutningstakere, mens informasjonsøvelsen fokuserte behovet for kommunikasjon mellom eksperter, informasjonsstaber og media. I dette prosjektet ble det også utarbeidet et forslag til et nordisk system for data og informasjonsutveksling. Et arbeid med å videreutvikle slike systemer i Norden kan baseres på dette forslaget og liknende arbeider som pågår internasjonalt.
- Det er behov for å arbeide mer med **innholdet i den informasjonen som utveksles** til enhver tid. Allerede i forrige NKS-periode ble det foreslått et felles format for presentasjon av spredningsmodell-resultater, men dette formatet ble ikke implementert. Dette arbeidet kan videreføres. Når det gjelder vurdering av ulykker og kildeterm, er det behov for å arbeide med hva slags informasjon om status på ulykkesstedet og vurdering av kildeterm som skal og bør utveksles

til hvilken tid. Dette var også lærdom etter INEX-2-FIN, der det ble pekt på at det bør arbeides videre med hva slags informasjon som skal utveksles til enhver tid («nøkkelinformasjon»).

Når det gjelder de mer metodiske sider ved det å arrangere øvelser, kan man på bakgrunn av de aktiviteter som har pågått i prosjektet trekke fram noen resultater og antyde områder for oppfølging, bl.a:

- Ved planlegging av øvelser må det utvikles **scenarier**. Ulike grupper har ulike behov for detaljer i scenariet, og dette bør utredes nærmere for å vurdere om man bør avsette mer ressurser til utvikling av verktøy for enkelt å kunne generere øvelses-scenarier. En undersøkelse gjennomført i dette prosjektet viste at en rekke slike verktøy er tilgjengelige og at det tekniske potensialet pr. i dag trolig ikke er utnyttet.
- Det er **risiko** forbundet med øvelser, og man må sørge for at sikkerheten ved anlegg og sikkerheten til personell ikke svekkes ved øvelser. Det er også risiko knyttet til øvelses-scenarier da disse kan bidra til å generere myter i beredskapsarbeidet. Det ser ut til å være en tendens i nordiske øvelser til at man velger scenarier med svært alvorlige konsekvenser. Scenariene bør ikke bidra til å skape myter om hva slags situasjoner en organisasjon skal kunne håndtere, hvilke grupper som trenger øvelser osv. Valg av scenario bør heller ikke bidra til at erfaringer fra øvelser ukritisk videreføres som mål og strategier for beredskaps-planleggingen dersom etablering av slike mål og strategier ikke var målet med øvelsen. Eksempelvis kan man ikke konkludere med hva slags informasjonsutveksling som er ønsket eller mulig i en tidlig fase av en ulykke på bakgrunn av hva slags informasjonsutveksling man fikk til ved et gitt scenario.
- Det finnes i dag ingen entydig terminologi eller strategi knyttet til øvelser i de nordiske land. Det er behov for å videreutvikle en felles **terminologi og metodikk** for øvelser. Videre arbeid med utvikling av scenarier er allerede nevnt, men det er også behov for å se på hvordan både gjennomføring (for eksempel videreutvikle bruk av beslutnings-konferanser) og evaluering av øvelser kan gjøres mer effektivt. I tillegg er det behov for å se på hvordan erfaringer fra øvelser effektivt kan implementeres i planverk og i organisasjoner.

Konklusjon

Øvelsene som er gjennomført i prosjektperioden har tilført nyttig lærdom og mange forslag til videreutvikling av atomulykkesberedskapen på mange ulike fagområder, både nasjonalt og felles nordisk. Det synes imidlertid å være behov for å utvikle mer langsiktige planer og strategier for nordisk beredskapsplanlegging og nordiske øvelser, samt en større bevissthet rundt hva som er hensiktsmessig øvel-

sesformat for å nå en gitt målsetning. Dette kan bidra til å redusere kostnadene og optimalisere utbyttet av de øvelser som arrangeres.

Øvelser kan sees på som et middel for å utvikle, harmonisere og validere planer, prosedyrer og verktøy, men arbeid med øvelser kan også sees på som et mål i den forstand at det kan bidra til å optimalisere ressursbruken knyttet til øvelser. En økt bevissthet rundt bl.a. disse problemstillingene vil være fordelaktig i et fortsatt arbeid med nordiske øvelser. Økt bevissthet vil kunne bidra til at øvelse helt sikkert gjør mester.

EKO-5: Förplanering av tidiga saneringsåtgärder

Projektledare: Thomas Ulvsand, FOA NBC-skydd

Om en kärnkraftsolycka inträffar inom eller utanför Norden, med utsläpp av radioaktiva ämnen som ger en beläggningssituation i något av våra länder kommer säkert saneringsåtgärder att övervägas. När och om sådana beslutas och genomförs kommer resultatet att vara beroende på hur väl de är förberedda. Detta är extra viktigt för de *tidiga* åtgärderna, eftersom begränsad tid kommer att finnas till förberedelser, som dessutom skall göras under mycket pressade förhållanden.

Arbetet inom EKO-5 har syftat till att utarbeta riktlinjer att användas vid planläggning av *tidiga* saneringsåtgärder. Med tidiga menas i detta arbete åtgärder som måste vidtagas under de tre första veckorna för att vara meningsfulla. Arbetet berör endast åtgärder som syftar till att reducera doser från extern strålning i bebyggda områden.

Målgruppen för rapporten är främst de personer med ansvar för planläggning av åtgärder i samband med radioaktiva utsläpp som finns på olika organisationsnivåer i de nationella beredskapsorganisationerna.

Inom EKO-5 har en underlagsrapport tagits fram, NKS/EKO-5 (96) 18, som är användbar för experter i deras arbete att stödja beslutsfattare.

Arbetet har utkristalliserat sju åtgärder som kan betraktas som tidiga. De är: spolning av tak, väggar och asfaltytor, att klippa gräsmattor, att klippa träd och buskar, att avlägsna snö samt att använda gatudammsugare. För en referensbeläggning av 1 MBq/m^2 ^{137}Cs har beräkningar gjorts för fem boendemiljöer av stads- eller förortskaraktär. De är enfamiljshus i trä och tegel, parhus, hyreshus och mångvåningshus i stadskärnor. För deposition under torra och våta förhållanden beskriver rapporten de förväntade effekter som olika åtgärder kan ge och vilka praktiska, ekonomiska och skyddsmässiga konsekvenser de ger upphov till. Även om det inte kan anses motiverat att sätta in saneringsåtgärder för att avlägsna kortlivade nuklider, som ^{131}I , måste de beröras i ett arbete som detta. I den tidiga fasen, då de aktuella åtgärderna skall sättas in, kommer de att bidra med en extern dos till de personer som engageras i olika moment i saneringen. Denna dos kan vara avsevärd, upp till 10 gånger större än dosen från den långlivade ^{137}Cs som åtgärderna syftar till att avlägsna.

I den tidigare nämnda rapporten NKS/EKO-5 (96) 18 beskrivs de förväntade effekterna som 'omedelbar dosratsreduktion i området' och 'medelreduktion av livstidsdosen över 70 år'. En uppgift om vilken medellivstidsdos som skulle bli

resultatet om inga åtgärder vidtages anges också. För de riktlinjer som detta arbete har resulterat i har reduktion i livstidsdos använts som den relevanta parametern.

De åtgärder som ger störst effekt i form av reduktion av livstidsdos är gräsklippning, att avlägsna snö samt klippning av träd och buskar. Exempelvis kan den avstyrda livstidsdosen vid referensnivån 1 MBq/m² uppskattas till ungefär 100 mSv i en boendemiljö av enfamiljs trähus om gräsytorna klipps och gräsklipppet transporteras iväg. Med undantag för vattenspolning kommer saneringsåtgärderna att ge upphov till en avfallsmängd som måste hanteras och deponeras på ett acceptabelt sätt.

Rapporten diskuterar slutligen saneringsåtgärder och -effekter i jordbrukslandskapet. Åtgärderna som är aktuella är desamma som i de urbana miljöerna, men en skillnad finns i genomförandet. I stadsmiljö kommer åtgärder att till stor del samordnas och genomföras av samhälleliga insatser. I jordbruksmiljön däremot finns utrustning och erfarenhet på de enskilda gårdarna, vilket innebär att befolkningen själv kan genomföra de rekommenderade tidiga saneringsåtgärderna. Dessa kan förväntas ge ungefär en halvering av dosen ackumulerad under tre veckor, jämfört med om inga åtgärder vidtages.

Rapporten avslutas med att för 44 behandlade fall ge en vägledning för planeraren. Denna vägledning ges i tabellform, med tabellhuvuden enligt följande:

House type	Expected effects	Staffing and costs	Equipment and costs	Practicability, waste	Protection	Influences on other procedures
------------	------------------	--------------------	---------------------	-----------------------	------------	--------------------------------

SAM-4: Övergripande informationsfrågor

Projektleder: Vibeke Hein, Beredskabsstyrelsen

Hvorfor et informationsprojekt?

I Norden var det ikke mindst Tjernobyl-katastrofen, der fik de ansvarlige myndigheders øjne op for, at et beredskab ikke kun var et spørgsmål om teknisk formåen, om måleinstrumenter og -resultater. Pludselig stod man med en meget stor informationsopgave. Information kom der ud til befolkningen. Nogle gange var det ikke myndighedernes fortjeneste. Nogle gange tog eksperterne sig af at svare på befolkningens spørgsmål på bekostning af opgaver, de skulle have varetaget som eksperter.

Da de første hektiske måneder var overstået, var ingen i tvivl om, at informationsopgaven var et af de områder, der skulle gøres noget ved. Også i nordisk sammenhæng. En af erfaringerne fra disse måneder hang sammen med den forvirring, der kan opstå, når der iværksættes forskelligartede indgreb i tætte geografiske områder, uden nogen kan forklare hvorfor.

Et nordisk seminar blev afholdt i oktober 1988 med deltagelse af myndighedsrepræsentanter og journalister for at diskutere, hvordan man næste gang kunne håndtere informationen til befolkningen bedre. Dermed var grunden lagt til et væsentligt og frugtbart nordisk samarbejde om at give den bedst mulige information om nukleare spørgsmål til befolkningen. I de følgende år samledes man til tilsvarende seminarer.

I projektperioden 1990 – 1993 etableredes et egentligt informationsprojekt for at tilgodese de aspekter ved informationsopgaven, som ikke kunne belyses tilstrækkeligt ved seminarerne. Det drejede sig bl.a. om en fælles nordisk informationsstrategi, om udarbejdelse af et fælles nordisk grundmateriale om nukleare emner til brug ved den helt simple information, samt om indsamling af eksisterende nordisk informationsmateriale, for at blive inspireret og undgå overflødig dobbeltarbejde.

Der blev ved projektperioden 1994 – 1997 foreslået et nyt informationsprojekt. Dette blev i første omgang ikke til noget. Men de nordiske myndigheders informationschefer fandt behovet for et nyt projekt så presserende, at de fastholdt initiativet og ved halvårsgennemgangen af igangværende projekter genfremsatte forslaget, der da vandt den økonomiske støtte, der kunne sætte projektet i gang.

SAM-4, Övergripande informationsfrågor, har bestået af ti delprojekter, der koncentrerer sig om fire emneområder:

- Hvordan informerer man om et vanskeligt emne i et moderne samfund?
- Hvordan informerer man på forhånd?
- Hvordan informerer man, når ulykken er sket?

- Hvordan informerer man om NKS og projekter?

Det er nogle af de centrale emner, som man i de nordiske myndigheder må tage stilling til. Man kan forsøge at gøre det hver for sig - men resultatet bliver bedre, hvis man hjælpes ad!

Hvordan informerer man om et vanskeligt emne i et moderne samfund?

Atomenergi, strålebeskyttelse, kernesikkerhed, atomberedskab er ord, der virker fremmede eller eventuelt ligefrem skræmmende på de fleste mennesker. Samtidig er mængden af tilgængelig information om alle mulige emner stigende dag for dag. Det er ikke svært at forestille sig behovet for at identificere de bedste kommunikationskanaler og -måder.

Denne identifikation af, hvordan man i fremtiden kan informere, gennem hvilke kanaler det kan foregå, og hvilke målgrupper man bør koncentrere sig om, er en stor og vigtig opgave, som hensigtsmæssigt kan løses i et nordisk samarbejde.

I november 1996 afholdtes et seminar med hollandske eksperter. Siden midten af 80'erne har man i Holland arbejdet med at systematisere erfaringer om krisehåndtering i forbindelse med katastrofer. Det er karakteristisk, at befolkningen - i Holland som i de nordiske lande - har en forventning om et højt niveau af sikkerhed og service, og at det moderne samfund berøres hårdt af selv enkle, simple hændelser.

Arbejdet med at kortlægge hvilket materiale, hvilke målgrupper og hvilke kanaler, de nordiske myndigheder i fremtiden skal benytte ved informationsarbejdet vil fortsætte i den kommende NKS-projektperiode.

Hvordan informerer man på forhånd?

Så længe der ikke er sket noget, kan det være overordentlig svært at trænge igennem det enorme udbud af informationer. Det er udtalt, når det drejer sig om et emne, som af mange mennesker opfattes som svært, utilgængeligt, måske mindre personligt relevant.

Ikke desto mindre er det meget vigtigt, at der er nogen, der kender emnet indgående, inden der sker noget stort og omfattende. Fordi misforståelser om svære, tekniske forhold lettere opstår under tidspres. Selv hvis befolkningen havde en tilbundsgående indsigt i emnet, ville der være behov for i en ulykkessituation at kommunikere forholdsregler ud. I den sammenhæng er myndighederne afhængige af medierne.

Hvis dialogen mellem myndigheder og medier/journalister skal være frugtbar, kræver det evne hos myndighederne til at udtrykke sig pædagogisk og forhåndsviden hos journalisterne, så de har forudsætninger for at stille de rigtige spørgsmål. Ingen af

delene kan etableres den dag, en stor, akut situation er opstået. Det er derfor af stor betydning, at man giver medieerne/journalisterne lejlighed til at sætte sig ind i emneområdet. Det er i myndighedernes interesse at bidrage med oplysninger inden for eget ansvarsområde for at tydeliggøre referenceforhold.

For at fremme dialogen mellem myndigheder og journalister har der været afholdt et nordisk Tjernobyl-seminar og gennemført et journalistkursus til Kola/Murmansk. Det væsentligste udbytte ved disse arrangementer er de kontakter, der er skabt, de diskussioner, der er ført, og den forståelse, der er skabt grundlag for - hos de journalister, der skal formidle oplysninger og beslutninger den dag, hvor der er rygter om en ny ulykke, eller hvor den er indtruffet.

Den umiddelbare informationsmulighed fra myndighederne til borgerne dækkes fortsat på traditionel vis gennem udsendelse af pjecer (brochurer), videoer og hjemmesider. For at sikre udbredt nordisk kendskab til myndighedernes informationsmaterialer, er en tidligere etableret liste revideret og ajourført. Listen tjener til inspiration, effektivisering og koordinering af nordisk informationsmateriale fra ansvarlige myndigheder.

Der er i øvrigt for første gang i NKS' historie lavet en samlet oversigt over alle projektrapporter, så man kan danne sig et indtryk af, hvad der eksisterer af kildemuligheder.

Hvordan informerer man, når ulykken er sket?

Der har ikke i perioden 1996 – 1997 været egentlige ulykker på atomkraftværker på denne halvdel af jordkloden. Der har derfor ikke været anledning til at afprøve informationsberedskabet ved en virkelig stor hændelse. Til gengæld har der været afholdt to atomberedskabsøvelser i internationalt regi, som alle de nordiske lande deltog i.

I den første, INEX-2-CH, november 1996, var Schweiz værtsland for ulykken, som ikke udviklede sig ret langt. Den gav anledning til nogen udveksling af informationer mellem de nordiske lande, primært om forholdsregler, rejserestriktioner og lignende. Informationscheferne søgte med begrænset held at anvende e-mail ved kommunikationen. Det viser sig altid vanskeligt at få plads til ret mange selvvalgte telefonsamtaler under et hektisk forløb, hvorfor den elektroniske kommunikationsform med fordel kan anvendes. Mange informationer bør udveksles så hurtigt som muligt: indgreb og begrundelsen for dem, prognoser for katastrofeudvikling m.m.

I den anden, INEX-2-FIN, april 1997, var Finland værtsland, og der blev indlagt specielle nordiske hændelser i øvelsesforløbet. Ét af disse nordiske elementer drejede sig om information.

Det er almindeligt under øvelser at have en eller anden form for presseindspil. Ud over et "almindeligt" informationsspil var det besluttet at lave et ensartet mediepres på de beslutningstagende myndigheder. Det blev etableret ved nationalt udsendte journalister til ulykkeslandet, hvor de refererede hjem fra pressekonferencer o.lign. Dette betød et tidsmæssigt pres for de ansvarlige myndigheder, der specielt tidligt i forløbet endnu ikke havde modtaget de tilsvarende oplysninger fra de finske myndigheder. Da der er tale om et meget realistisk forhold, gav det en væsentlig træning for alle, der skal formulere sig i situationen.

Det er meget vigtigt at lade eksperter og journalister øve sammen, så man kan lære hinandens sprog og behov. Desuden er øvelser med til at udrydde myter eller forhindre, at de opstår. Det er ofte de første meddelelser, der er med til at "dimensionere" katastrofen i offentlighedens bevidsthed, og det er derfor af stor betydning, at de anvendte ord ikke kan misforstås.

Hvordan informerer man om NKS og projekter?

Det nordiske samarbejde om nukleare forhold har eksisteret længe og har bevist sin eksistensberettigelse gennem mange projektresultater. Men der er ikke mange uden for deltagerkredsen, der kender meget til det arbejde, der gøres. Det blev derfor formuleret en NKS-informations-policy eller en kommunikationsstrategi for NKS. Fx skal

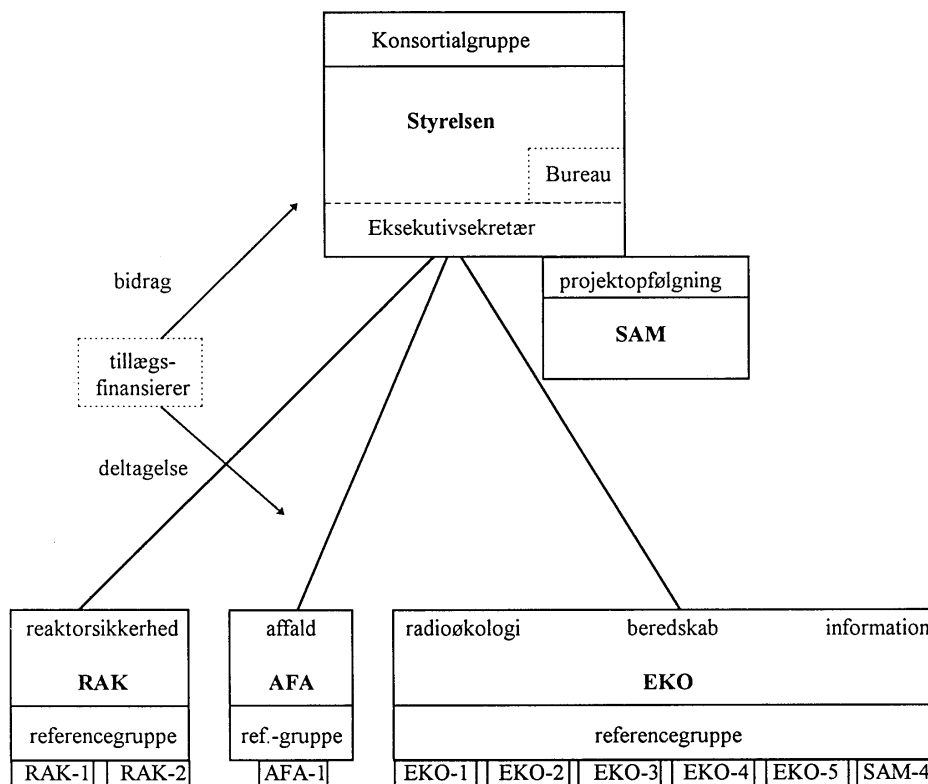
“NKS’ interne og eksterne kommunikation /.../ effektivt bidrag til at NKS’ mål opfyldes. Den skal gennem åben, aktiv og korrekt information befæste billedet af NKS som en kompetent organisation. Kommunikationen indenfor og udenfor NKS-kredsen skal lede til godt kendskab til det nordiske samarbejdet og om resultatet af virksomheden så at resultatet kommer til praktisk nytte.

Information om NKS-arbejdet og dets resultat kan spredes gennem tekniske rapporter, videnskabelige artikler, populære sammenfatninger, brochurer, www-sider, seminarier etc. og gennem deltagelse i internationalt samarbejde. Kendskab til særligt interessante resultater bør spredes gennem pressemeddelelser. Medierne bør indbydes til præsentationer som bedømmes værende af almen interesse.”

Desuden styrkes det eksterne billede gennem et samlet grafisk program for alle NKS-publikationer. Der er udarbejdet et forslag til denne nye grafiske profil, som dog af praktiske hensyn ikke kan implementeres før næste projektperiode. For at inspirere til informationsopgaven afholdtes et seminar for projektledere og projektdeltagere i Stockholm i oktober 1997.

SAM: Samordningsfunktion

Projektleder: Torkel Bennerstedt, eksekutivsekretær



Figur 1. Nordisk kernesikkerhedsforskning - organisationsdiagram:

Konsortialgruppen, som består af hovedfinansiererne (*parterne*) i de fem nordiske lande, beslutter årligt om tildeling af midler. Yderligere midler kommer fra et antal *tillægsfinansierer*. Styrelsen har det overordnede ansvar for sikkerhedsprogrammets gennemførelse og godkender programmets årsrapporter. *Referencegrupperne* følger arbejdet og vejleder *projektlederne*, som er ansvarlige for planlægning, gennemførelse, rapportering og økonomi for deres projekter. *Eksekutivsekretæren* er ansvarlig for hele programmets administration og overvåger, at arbejdet gennemføres ifølge NKS' intentioner. Han leder *sekretariatet* og dets samordningsfunktion med økonomisk forvaltning, kontakter mod øst og EU, samt informationsvirksomhed.

Finansiering

De sex huvudfinansiärernas bidrag uppgår normal till cirka DKK 9 miljoner per år. Därutöver bidrar ett stort antal tilläggsfinansiärer med sammanlagt minst DKK 1 miljon per år.

Utöver det rent ekonomiska stödet från huvud- och tilläggsfinansiärerna bidrar ett stort antal nationella myndigheter, företag och institutioner till verksamheten genom odebiterade arbetsinsatser, laboratorieresurser, sekretariatshjälp, reskostnader etc. Detta stöd motsvarar totalt omkring två gånger NKS' normala budget, och det är helt klart att utan dessa ytterligare bidrag skulle NKS-programmet inte kunna genomföras.

Referensgrupper

Projektledarnas arbete har stötts av tre referensgrupper: en vardera för reaktor-säkerhetsprojekten (Bjørn Thorlaksen, Beredskabsstyrelsen, för RAK-1 och RAK-2), avfallsprojektet (Erling Stranden, Statens strålevern, för AFA-1) samt ekologi-, beredskaps- och informationsprojekten (Sigurður M. Magnússon, Geislavarnir rikisins, för EKO-1, EKO-2, EKO-3, EKO-4, EKO-5 och SAM-4). Referensgruppernas ordförande har rapporterat om projektstatus till NKS' styrelse vid dess möten. Det är formellt styrelsen som utser medlemmarna i referensgrupperna samt ordförande. Varje tilläggsfinansiär är berättigad till en deltagare i valfri referensgrupp.

Referensgruppernas medlemmar ska representera fackkunskap på hög nivå och är experter från myndigheter, forskningsinstitutioner och andra organisationer. De kan även hämtas från andra nationella eller internationella forskningsprogram av intresse för NKS. Om möjligt försöker man undvika att referensgruppsmedlemmarna aktivt deltar i projektarbetet.

Referensgrupperna ska övervaka att projektarbetet följer de riktlinjer som dragits upp av styrelsen. Detta inkluderar uppgjorda arbets- och tidsplaner och givna ekonomiska ramar. Grupperna ska vidare förmedla kontakter till annat nationellt och internationellt arbete inom respektive projekts ansvarsområde. Slutligen ska referensgrupperna bedöma projektresultaten, vid behov föreslå styrelsen ändringar i projektinnehåll eller budget samt bedöma tekniska rapporter och slutrapporter från projekten. Exekutivsekreteraren deltar i referensgruppernas arbete och håller löpande kontakt med referensgruppernas ordförande och projektledarna.

Sekretariatet

Sekretariatet er i 1994 og 1995 blevet varetaget af H.C. Sørensen, Risø. - Siden 1.1.1996 er sekretariatsfunktionen blevet udført af Risøs sektion FRIT, Forskningsrådenes Instrument Team ved Annette Lemmens og Finn Physant.

Sekretariatet har haft følgende hovedopgaver i hele perioden:

- Økonomisk forvaltning og revision
- Bogføring og udbetalinger
- Medvirken ved fremstilling af administrative dokumenter og rapporter f.eks. halv- og helårsrapporter, projekthåndbog og adresselister
- Assistance ved udsendelse af materialer (rapporter, mødeindkaldelser, mødematerialer et.c.) til referencegrupper, projektledere m.fl.
- Assistance ved arkivering samt organisering af bibliotekstjeneste og sekretariatsassistance

Derudover har sekretariatet siden 1996 påtaget sig en ny væsentlig opgave:

- Opbygning, udvikling og drift af NKS' hjemmesider

Ydermere forestår sekretariatet som noget helt nyt:

- udgivelsen af programperiodens slutrapportering på CD-ROM

Et væsentligt formål er for sekretariatet at være støttfunktion for projektlederne. Dette gælder indenfor alle de nævnte hovedopgaver.

Den årlige arbejdsindsats for udførelsen af ovennævnte opgaver har varieret mellem ca. en halvtids og ca. en heltidsstilling. - I 1997 var indsatsen ca. en heltidsstilling.

Økonomi og regnskab

Til programmets daglige drift har sekretariatet stået for udbetalinger, bogføring og administration af de forskellige projektkonti på grundlag af inputs fra eksekutivsekretæren og projektlederne. - Den daglige drift indebærer en del løbende justeringer for de økonomiske og regnskabsmæssige procedurer - f.eks.:

- justeringer af kontoplanen ud fra projektledernes behov og ønsker - aftalekonti, overførsler fra eet projektår til det følgende m.m.
- opmærksomhed omkring de enkelte landes momsprocedurer for at så vidt muligt undgå momsudgifter
- indførelse af tidssvarende regnskabssystemer - senest i 1997 har vi indført det nye Navision-software, som på sigt vil kunne anvendes til præsentation af data på internettet

Årligt aflægger sekretariatet regnskab for perioden 1.2.-31.1. - Regnskabet fremlægges til revision underlagt Rigsrevisionens myndighed og tiltrædes af styrelsen og konsortialgruppen.

Hjemmesider

I august 1996 startedes NKS' første hjemmeside på adressen: <http://www.risoe.dk/nks>. Denne hjemmeside er offentligt tilgængelig for præsentation af programmet, og indeholder beskrivelse af NKS, publikationer samt projektbeskrivelser med links til nogle af projekterne.

I juni 1997 startedes NKS' anden hjemmeside. På en anden adresse med password-beskyttelse finder NKS-kolleger p.t.: adresseoversigt for NKS-deltagere, kalenderen (hvad sker der i NKS?), budget 97, evaluering af programmet 1994-1997, nyt NKS-program (1998-2001), projekthåndbogen samt slutrapporter.

Begge disse hjemmesider har det overordnede formål løbende at forbedre mulighederne for kommunikation og samarbejde i NKS. Den offentligt tilgængelige hjemmeside har yderligere det formål at informere om NKS' virke og kernesikkerhed. - I øjeblikket benyttes MS-produkterne FrontPage (som html-editor) og Explorer (som browser).

CD-ROM-slutrapport

Da det i løbet af 1997 stod klart, at det var muligt såvel teknisk som økonomisk, besluttedes det at gennemføre periodens slutrapportering på CD-ROM. - Når alle bidrag til rapporten foreligger i endelig version, vil disse sammen med et udvalg af periodens andre NKS-publikationer blive udgivet på CD-ROM.

Møder

Sekretariatsmøder

Som en nyttig rutine for kontinuiteten i sekretariatets arbejde afholdes møde med eksekutivsekretæren ca. en gang om måneden for gensidig orientering, opfølgning og planlægning i forhold til de løbende opgaver.

Projektledermøder

Sekretariatet stod for at arrangere projektledermødet på Risø d. 18.-19.3.1996. Dette blev en positiv og nyttig anledning til at styrke samarbejdet med projektlederne. - Dette blev udbygget yderligere med sekretariatets deltagelse i projektledermødet hos Statens strålevern i Oslo d. 19.-20.2.1997.