



SKB

UNDERLAGSRAPPORT TILL
FoU-PROGRAM 89

Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring

**Granskningen av FoU-program 86
Sammanställning och SKBs kommentarer**

September 1989

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

BOX 5864 S-102 48 STOCKHOLM

TEL 08-665 28 00 TELEX 13108 SKB TELEFAX 08-661 57 19

**Granskningen av
FoU-program 86.**

**Sammanställning och
SKBs kommentarer**

FÖRORD

Den remissbehandling som SKN lät göra av SKBs FoU-program 86 resulterade i ett stort antal värdefulla synpunkter, kommentarer och förslag. Dessa utvärderades sedan av SKN och har publicerats i "Granskning av FoU-program 86" från maj 1987.

I SKBs FoU-program 89 redovisas ett program som uppdaterats och detaljerats på basis av SKNs och andra granskares kommentarer och på basis av sedan 1986 nytillkommen kunskap och förståelse. I anslutning till genomgången av kunskapsläget för olika områden kommenteras SKNs synpunkter och andra viktigare värderingar och prioriteringar som legat till grund för programmets struktur och tidplanering.

Det är emellertid inte möjligt att i FoU-programmet ge kommentarer till varje enskilt påpekande i tidigare granskningar utan att programmet blir svårläst. För att möjliggöra för remissinstanser och andra att se hur olika synpunkter tagits om hand har SKB, i denna separata underlagsrapport till FoU-program 89, sammanfört synpunkterna från SKNs remissomgång och SKBs eventuella kommentarer till dessa.

Kommentarerna till FoU-program 86 del I och II, samt vissa allmänna synpunkter i övrigt, har i föreliggande rapport sammanförts i del I och sorterats efter ämnesområde.

Materialet i föreliggande del II omfattar synpunkter på "Forskningsprogram 1987 – 1992" och del III innehåller synpunkterna på "Alternativa slutförvaringsmetoder". Dessa har sorterats efter ämnesområden i över-

ensstämmelse med kapitelindelningen i FoU-program 86, se innehållsförteckningen. Vissa avsnitt har inte kommenterats från granskarnas sida, dessa avsnitt har i innehållsförteckningen markerats med streck i sidkolumnen. De svenska synpunkterna och de franska kommenteras på svenska, övrigt utländskt material på engelska. Varje kommentar identifieras med en förkortad beteckning för granskaren, se bilaga 1.

De olika synpunkter som framförts återges genom direktcitat, varefter en kort kommentar ges i de fall SKB önskar framhålla några synpunkter. SKB tar inte ställning i allmänna frågor utan direkt anknytning till FoU-programmet för hantering av radioaktivt avfall. Kommentarererna har grupperats så att likartade frågor från olika instanser hanteras på samma ställe. I den mån remissinstansen lämnat en sammanfattande utvärdering återges denna i ett eget kapitel (Allmänna delen, kapitel 1) utan kommentarer från SKB.

En viss otydlighet i gränsdragningen mellan olika ämnesområden har visat sig ofrånkomlig. Speciellt gäller det del II kapitel 2 – Tekniska barriärer – och del III avsnitt 3.3 – Spridningshindrande arrangemang. Likaså kan missförstånd och nyansförskjutningar inte alltid undvikas.

Det är SKBs förhoppning att föreliggande underlagsrapport till FoU-program 89 skall ge en förståelse för de frågor som diskuterats i remissbehandlingen av programmet, och för de värderingar som ligger till grund för de fortsatta insatserna.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
FÖRORD	3
I ALLMÄN DEL	
1 Sammanfattningar	9
2 Allmänna synpunkter (målsättningar)	13
3 Resurser och oberoende expertis	15
4 Tidplaner	17
5 Alternativbredd	19
6 Platsvalsprocessen	21
7 Etiska frågor	25
8 Internationellt samarbete	27
9 Organisation, genomförande och information	29
II FORSKNINGSPROGRAM 1987–1992	
1 Inledning	–
2 Tekniska barriärer	33
2.1 Allmänt	33
2.2 Utformning av förvar	34
2.3 Avfallsformer	34
2.4 Kapsel	37
2.5 Buffert och återfyllning	39
3 Geovetenskap	43
3.1 Bergets grundvattenrörelser	43
3.2 Bergets stabilitet i ett långtidsperspektiv	47
3.3 Typområdesundersökningar	49
3.4 Underjordiskt berglaboratorium	51
3.5 Instrumentutveckling	53
4 Biosfärsstudier	55
5 Kemi	59
5.1 Geokemi	59
5.2 Radionuklidkemi	62
5.3 Kemisk transport	65
5.4 Validering av transportmodeller	67
6 Säkerhetsanalys	69
6.1 Bakgrund	–
6.2 Mål för FoU-verksamheten	–
6.3 Scenarier och acceptanskriterier	70
6.4 Modeller och data för funktions- och säkerhetsanalyser	72
6.5 Genomförande av funktions- och säkerhetsanalyser	74

	Sida	
III	ALTERNATIVA SLUTFÖRVARINGS- METODER	
1	Allmänt	79
2	Systematik	81
3	Alternativgenomgång	83
3.1	Principiella systemlösningar	83
3.2	Platsanknutna alternativ	84
3.3	Spridningshinderarrangemang	85
3.4	Teknisk utformning och utförande	86
Bilaga 1:	Granskande instanser och använda förkortningar	87

I ALLMÄN DEL

1 SAMMANFATTNINGAR

FOA

Sammanfattningsvis bedömer FOA att det presenterade FoU-programmet är rimligt och genomförbart och att det bör ge ett gott tekniskt underlag för att utforma ett säkert slutförvar inom landet. FOA noterar att förslaget väl tillgodoser de synpunkter på ett FoU-program som FOA framförde i yttrandet över KBS III.

SGI

Institutet vill framhålla att FoU-program 86 är mycket omfattande och väl genomarbetat. Detta innebär samtidigt svårigheter att finna svagheter i helheten.

Lunds Univ.

Sammanfattningsvis kan sägas, att det forskningsprogram som nu framlägges för tiden 1987–1992 synes väl avvägt och de gjorda prioriteringarna rimliga. Berömvärda är också de strävanden som göres för att främja och vidga det internationella samarbetet på området både i form av gemensamma projekt och allmänt informationsutbyte.

Umeå Univ.

Vi anser att programmet, så långt det kan bedömas i dag, inger stort förtroende. Det är oss bekant att det även internationellt röner uppmärksamhet för sin grundlighet. Vi förutsätter att det fortsatta arbetet kan genomföras på samma ambitionsnivå.

THL

Det allmänna intrycket vi får av programmet är att detta verkar rimligt till inriktning och omfattning.

CTH

Programmet är omfattande och grundligt och fyller i stort sett de krav som ställts upp. Bland de kompletteringar som önskas kan nämnas:

- en ökad satsning på kapsling i kolstål,
- en mera detaljerad kartläggning av Sveriges gabbromassiv, samt
- en förbättring av de kemiska modellerna för nuklidtransport.

SLU

Med utgångspunkt från vad som framförts tillstyrker SLU i huvudsak forskningsprogrammet. Som komplement till detta är det emellertid angeläget att en mera omfattande grundläggande forskning byggs upp vid universitet och högskolor inom de ämnesområden som behandlas i programmet.

SNV

Programmet är mycket omfattande och tar upp den kritik som framfördes mot KBS-3. FoU-program 86 är skrivet i en måttfullare ton med mindre överoptimism än de tidigare KBS-utredningarna. Vissa alternativ har ändå inte beaktats.

SSI

SKB har presenterat ett omfattande FoU program enligt bestämmelserna i 12 § kärntekniklagen. Institutet har [. . .] pekat på vissa övergripande frågeställningar som bör beaktas bl a nedläggning av kärntekniska anläggningar dels riktat detaljkritik inom biosfärsområdet. Bland de detaljer som tas upp kan framhållas behovet av insatser vad gäller utströmningsområdet, sedimentens roll som sänka för radionuklider [. . .] och modellvalidering via naturliga analogier.

SGU

finner att SKB:s FoU-program 86 är väl genomtänkt och välmotiverat, generellt sett, vilket inte utesluter att verket, mot bakgrund av sin geovetenskapliga kompetens vill kommentera och uppmärksamma vissa punkter och områden.

SKI

Det är inspektionens uppfattning att programmet i stort sett är väl avvägt mot bakgrund av den aktuella uppgiften.

...

Med de utgångspunkter och begränsningar för granskningen av SKBs FoU-program 86 som inspektionen haft, är det inspektionens uppfattning att programmet uppfyller 12 § kärntekniklagen.

STUDSVIK

finner det presenterade åtgärdsprogrammet i det väsentliga väl täckande. Den framlagda tidsplanen synes genomförbar och samtidigt medge en viss handlingsfrihet. Viktigt är också myndigheternas insatser för bl a acceptanskriterier och information.

Studsvik vill med framförda synpunkter som bakgrund tillstyrka programmets godkännande.

KVA

Avslutningsvis vill akademien framhålla att det framlagda forsknings- och utvecklingsprogrammet, avseende tidsperioden 1987–1992, är mycket ambitiöst och omfattande och med väl avvägda inriktningar. Det internationella samarbete, som SKB deltar i, är också mycket förtjänstfullt och bör kunna leda till ett mycket väl optimerat slutförvar.

FortF

har tagit del av SKB:s FoU-program 86 och funnit programmet för forskning, utveckling och övriga åtgärder som väl genomarbetat och motiverat.

Riksarkivet

skulle välkomna en både utvidgad och intensifierad diskussion i [frågor om bevarande av information] just med avseende på kraven inom kärnkraftområdet.

FRN

[FRN framhåller] . . . några mer principiella punkter av kunskapspolitisk och kunskaps sociologisk art av betydelse för dessa frågors fortsatta behandling. Detta är naturligtvis främst ett uttryck för vad som kunde definieras som forskningssamhällets krav på [forsknings]processen. En sak är klar av det sagda och det är att allsidigheten i belysning inte kan åstadkommas av endast en av frågans huvudaktörer, allra minst av promotoraktören.

STU

vill endast framföra att STU finner FoU-programmet väl upplagt och vill särskilt understryka vikten av att alternativa lösningar studeras innan slutligt val görs.

Avfallskedjan

Att driva kärnkraftverken vidare är som att ha startat ett flygplan utan landningsställ och tro att dessa skall kunna konstrueras innan bränslet tar slut. Vi får inte bara förutsätta att en tillfredsställande lösning existerar. Vi måste våga inse att det finns tekniska problem som saknar sådana lösningar.

Påpekandena i föregående avsnitt av denna granskning leder till följande yrkanden:

1. SKB:s forskningsprogram kan inte ligga till grund för att lösa hanteringen av kärnkraftavfallet.
2. SKB måste omedelbart fråntas ansvaret för att utreda kärnavfallshanteringen.
3. Eftersom kärnavfallshanteringen inte är löst får ytterligare avfall inte alstras.
4. Det avfall som redan finns måste tills vidare tas omhand på bästa möjliga sätt. I brist på annat får CLAB accepteras.
5. Kärnavfallshanteringen måste förutsättningslöst utredas av en trovärdig instans som styrs av samhället, inte kärnkraftindustrin.

NFFH

Med hänsyn till framförda fakta och faktorer kan slutsatserna för Nordisk Förening för Humanekologi bara bli, att det var ett stort misstag att införa kärnkraft i Sverige och Finland, att fungerande kärnkraftverk snarast bör tas ur drift, och att föreliggande kärnkraftavfall i brist på bättre alternativ snarast bör sändas till slutförvaring på det lämpligaste, mest avlägsna och för män-

niskor mest oåtkomliga platser som kan påträffas inom Norden!

ART

Yrkande:

1. All ytterligare produktion av kärnkraftavfall i Sverige stoppas omgående.
2. En grupp fri från ALL SORTS inblandning i kärnkraftverksamheten tillsättes för förutsättningslös utredning om kärnkraftens avfallsproblemet.
3. Allt avfall som redan produceras lagras på ett sådant sätt att fullständig inspektion kan genomföras hela tiden och så att skadorna från avfallet begränsas helt. Detta ska ske utan några kostnadshänsyn.

IAEA

In general, the Panel found the proposed R&D programme to address all the basic scientific issues of importance to the safety of nuclear waste disposal in Sweden. The programme can be considered to meet the requirement for comprehensiveness in the Act on Nuclear activities (1984). The range of alternative disposal concepts to be addressed was also considered to be more than sufficient: in fact, several of them might be dropped fairly quickly.

...

The R&D programme on handling and final disposal of nuclear waste, proposed by SKB is wide ranging and addresses all the important and fundamental scientific issues pertinent to safe disposal in Sweden. The planned review of alternatives to the KBS-3 disposal concept is also more than sufficiently comprehensive.

The Panel recognized that SKB made good use of the KBS projects in shaping the R&D programme to address the research needs that were identified in these projects and their reviews.

The overall balance of the research effort is endorsed and some suggestions for greater emphasis on key issues have been made. The breadth of the research effort was, however, of some concern to the Panel, and it is recommended that a greater interaction between repository safety assessments and the research planning be developed. This will allow a progressive focussing of the research in the early 1990s on key issues relevant to strategic decisions on repository design concepts and potential sites. A better appreciation of the priorities for research will also be possible once a closer link to a strategic plan for repository development is established. The Panel believes that it would have obtained a better understanding of how the R&D results were likely to reinforce or alter the methodologies outlined in KBS-3 for handling and disposal and of how the additional site investigations will help focus on the 2 or 3 sites for more detailed characterization if the criteria by which these choices are to be made had been clearly spelled out. It recognises that the development

of a methodology for decision-making is primarily the responsibility of SKN.

...

The Panel greatly appreciated the opportunity to review the SKB programme. As in earlier reviews, the Panel members were impressed by the competence and professionalism of the Swedish programme. The Panel believes that the SKB R&D programme will provide an important contribution to safe nuclear waste disposal.

OECD/NEA

The OECD/NEA reviewers found the R&D programme to be comprehensive, well-balanced and appropriate both for the long-term goal of disposal and for the short-term R&D goals for the next 6 years.

...

The reviewers considered that the SKB programme is one of the most advanced for realisation of spent fuel disposal; the 6-year R & D programme part is well suited to:

- (a) providing the technical background to implementation; and
- (b) meeting the requirements of current legislation.

The reviewers noted that the overall strategy is comprehensive, it has the breadth and depth and appears cost effective. It has inter alia all the elements necessary to meet the overall goals, i.e. spent fuel disposal in 2020, as currently indicated by SKB.

With regard to the 6-year R & D programme the reviewers found that:

- (a) it cannot be judged on the basis of the document alone because the level of detail in the document on some parts of the research programme is insufficient (although it was recognised that the R & D programmes in general need to be flexible and hence can be difficult to specify);
- (b) with the additional information provided during the review, there were no significant technical gaps and the programme seems to meet the intermediate objectives consistent with overall strategy aims;
- (c) there is often no clear indication on how the comments made during the KBS-3 review have been addressed. It is sometimes implied but not easy to follow systematically.

...

As a final conclusion, following the extensive briefings by the SKB staff during the review and from their own knowledge of the research, the NEA review group had a positive impression concerning the overall Swedish strategy for the disposal of high level waste and particularly the six-year R & D programme proposed by SKB. Acknowledging that Sweden is among the leaders in developing radioactive waste disposal technology and safety assessment methodologies, they

believed that the proposed programme has the potential to fulfil the stated objectives.

TAC

The six-year (1987–1992) research plan for the handling and disposal of nuclear waste as presented in the SKB R&D Programme '86 document is judged to be comprehensive, well-coordinated and practicable within the proposed timetable, providing resources are adequate.

... TAC has concentrated on searching for any important factors that may have been overlooked and for any erroneous lines of reasoning which would place in jeopardy the successful achievement of an objective or set of objectives. We have found none of any major significance, and can conclude, therefore, that the SKB Programme '86 is soundly formulated into a balanced, well coordinated programme that is directed to appropriate objectives. Nonetheless, our assessment [...] do contain comments and evaluations which should be taken into account as the programme develops in the next six years.

VTT

The R&D-programme 1987–1992 proposed by SKB has been prepared with care and covers comprehensively all the important research fields relevant to spent fuel disposal in deep bedrock. Concentration on spent fuel disposal is quite reasonable. However, the activities related to other phases of spent fuel management as well as to disposal of some other long lived wastes would have deserved a more thorough presentation in the report.

CEA

Detta program kännetecknas av sin öppna och pragmatiska karaktär. Det motsvarar därigenom vad som anges i lagen om kärnteknisk verksamhet beträffande ett omfattande forskningsprogram, som lämnar valmöjligheter åt myndigheterna.

...

Den svenska attityden kännetecknas av en viss blygsamhet beträffande uppnådda resultat och realism vad gäller de komplicerade problem som återstår att lösa. Metodikvalet och sättet att genomföra forskning och utveckling förefaller oss totalt sett tillfredsställande.

Lärdomar har dragits från KBS-3, speciellt då det gäller att komma fram till en viss optimering beträffande avfallsbehandlingen. Men det krävs uppmärksamhet, så att försiktigheten inte leder till att lösningen av problemen med slutsteget i kärnbränslecykeln förseenas.

I det nuvarande stadiet för det av SKB föreslagna programmet har vi ett mycket positivt intryck av de viktiga arbeten som utförts och planeras, liksom av den kvalitet och den kreativitet som karakteriserar det svenska sättet att nå fram till en lösning på problemet med det radioaktiva avfallet.

NIREX

The programme is well planned and presented, as we would expect from our knowledge of the previous Swedish radioactive waste management programme.

BGS

The SKB research program for 1987 – 1992 for “Geoscience” and “Chemistry” has been reviewed. The program is regarded as well planned, thorough and

abreast, if not ahead, of developments of other national research programs. Two areas of the planned programme have been highlighted where we consider more effort could usefully be expended upon the development and understanding of: a) channelled ground water flow in fractures in chrystalline rock; and b) geochemical and coupled geochemical-hydraulic models describing mass transfer in rock-groundwater systems.

2 ALLMÄNNA SYNPUNKTER (målsättningar)

SKI

De av SKB satta allmänna målen för den del av programmet, som omfattar platsval och förvaringssystem, innebär att slutförvarssystemet skall säkerställa att utsläppet av skadliga ämnen inte överstiger hygieniska eller radiologiska gränsvärden i människans miljö, att rimliga insatser skall göras för att nedbringa den totala belastningen på allmänheten samt att förvarets långsiktiga effekter inte på ett väsentligt sätt skall förändra de radiologiska eller övriga förhållanden, som naturligt föreligger i förvarsområdet. Detta överensstämmer med inspektionens uppfattning.

STUDSVIK

noterar med tillfredsställelse att SKB i enlighet med avtal planerar för slutförvaring också av icke-kärnkraftanknutet avfall från sjukhus, institutioner och STUDSVIKSs FoU-verksamhet.

IAEA

Bearing in mind the current legislative requirements, the Panel generally agreed with the priorities indicated by SKB within the proposed R&D programme. Some of these priorities derive from international review of the KBS-3 study, and it would have been helpful if the response to the comments on KBS-3 had been more clearly indicated. The strong emphasis on hydrogeological and geochemical research, which the Panel understands will receive about 60% of the research budget over the next three years, was considered appropriate. The Panel has nevertheless been able to suggest some items for greater emphasis in the technical sections of this review.

OECD/NEA

The reviewers considered that the six-years R & D programme contains a comprehensive list of objectives and that the overall level of effort devoted to each subject area is appropriate and generally consistent with similar programmes elsewhere, in particular in Canada and Switzerland. However, the report lacks detail with respect to the allocation of effort among the different programme elements and on how priorities had been established. Discussion with SKB was of considerable help with the regard to allocation of effort and supporting documentation was made available on overall programme costing and setting priorities in the consideration of alternatives.

* **SKB comment.** The SKB budget is adopted by the SKB board, and financed through the waste management funds. Financial information was provided to the reviewers on request.

OECD/NEA

While recognising that the six-year R & D programme deals only with spent fuel disposal, the reviewers considered that the allocation of waste types amongst different disposal facilities is not clear, in particular between SFL and SFR. They considered that a certain amount on investigation should be orientated towards waste allocation, notably to cover more specifically the characteristics of the waste to be allocated to either SFR or SFL. However, they emphasised that this is not a high priority but that it should be addressed in the overall planning.

VTT

The presented R&D-programme almost exclusively concentrates on the disposal systems of spent fuel. Although there are good reasons to exclude the facilities already in operation (CLAB) or under construction (SFR) from the further research, some details in the present overall waste management plan in Sweden are still somewhat open and deserve further studies. One example is the waste comprising core components and reactor internals. These type of wastes can either be disposed at SFR or after interim storage (in CLAB) in the connection of SFL. Similarly a space reservation is included in the SFR-plans for decommissioning wastes, but some additional studies are likely to be useful to feedback the experiences to be obtained from the operation of the first phase of SFR into final design of the second phase.

* **SKB comment.** In the feasibility study (KBS-3) and the annual cost estimates given to SKN the core components are located in a special part of the repository for long lived waste (SFL). An option exists to store some components in SFR. A detailed discussion of the allocation will be done in conjunction with the studies on dismantling of reactors.

NRPB

The R&D programme appears to focus almost entirely on topics related to post-disposal radiological impact. While these are probably the most important, it is also necessary to consider the risks and costs of pre-disposal operations (transport and fuel encapsulation), and of the disposal operation itself, because these will have to be taken into account in selecting the disposal system and the site for the repository.

* **SKB comment.** A generic evaluation of safety during operation of a repository was presented in KBS-3. Transport routes and distances will be addressed in

the siting process. Other investigations of the pre-closure safety on a system specific level will not be initiated until the alternative near-field configurations have been evaluated.

Avfallskedjan

Mängden utbränt bränsle anges till 7800 ton. Denna mängd, vilken ungefär överensstämmer med tidigare angivelser från SKB, förutsätter att alla 12 reaktorerna drivs i full utsträckning t o m år 2010. En sådan drift strider helt mot beslutet att kärnkraften skall vara utvecklade till år 2010. Vi har tidigare påtalat detta till bl a energiministern som också reagerat mot SKB:s ambitioner i detta avseende. Det är därför anmärkningsvärt att inte en anpassning skett till en rimlig kärnkrafts-utveckling. Vi tolkar det hela som avsiktlig obstruktion från SKB.

* **SKB kommentar.** Mängden använt bränsle från det svenska kärnenergiprogrammet påverkas av många faktorer, bl a drifttid, drifttillgänglighet, utbränningsnivå och landets energibehov. Eftersom vissa förhållanden i säkerhetsanalyserna påverkas av mängden avfall (t ex temperatur och volymsbehov) har SKB valt att söka undvika en underskattning av de möjliga mängderna.

KVA

Det är inte osannolikt, att kommande generationer fördrar ett känt och kontrollerbart förvar framför ett

okontrollerat. En mellanlagring på obestämd tid skulle möjliggöra, att nya framsteg inom teknisk utveckling kunde tillgodogöras för det framtida förvaringssättet.

Avfallskedjan

På sid 17 anges att förvaringen i CLAB "kan utsträckas över mycket lång tid utan större tekniska eller säkerhetsmässiga problem". Detta oprecisa påstående har oklar innebörd. Vi anser t ex att risken för kärnvapenkrig är uppenbar under åtminstone de närmaste årtiondena. Klarar CLAB en direkträff och vad händer när tusentals ton utbränt kärnbränsle sprids över Sverige?

* **SKB kommentar.** En övervakad lagring, som också kan förlängas i tiden, ingår redan i det svenska avfallshanteringssystemet. Det är SKBs uppgift att därutöver också ta fram metoder för slutlig förvaring som för sin säkerhet inte är beroende av framtida generationers övervakning och underhåll. Lokalisering, byggnad och drift av ett sådant system, liksom förseglingen av det, förutsätter myndigheternas granskning och godkännande. Det citerade avsnittet baseras på en utredning som SKB gjort på SKNs anmodan: "Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle; Konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader. SKB dec 1985."

Krigsskydd vid CLAB har i vederbörlig ordning redovisats för myndigheterna, och bedömts i samband med att drifttillstånd getts för anläggningen.

3 RESURSER OCH OBEROENDE EXPERTIS

Sthlm Univ.

Universitetet [...] finner inte en forskningsvolym av här föreslagen omfattning motiverad. Verksamheten borde kunna bedrivas på en väsentligt lägre nivå och helt inriktas på att förbättra kunskapsläget vad avser KBS-3-metoden med kopparkapsel.

FRN

På sikt borde en bättre balans eftersträvas mellan de forskningsmedel som tilldelas promotororganet och de som ställs till förfogande för oberoende granskningsinsatser.

NFR

Inom programmet borde också helt oberoende undersökningar utföras. Inom den givna målsättningen kunde en viss del av medlen (förslagsvis 10–20 milj kr) avsättas för ”forskarstyrda” projekt. Det är för NFR naturligt att bedöma förslag från forskarna själva och rådet är berett att bidra med den vetenskapliga bedömningen av sådana helt oberoende projekt. Via NFRs energiutskott stöds redan nu med energimedel sådan forskning. Ett program av detta slag skulle skapa förutsättningar för enskilda initiativ som allsidigt kunde belysa frågeställningar som inte faller inom ramen för SKBs väl sammanhållna program.

...

Programmet syftar till att ta fram en förvaringsmetod som kan accepteras brett i samhället av såväl experter som allmänhet. Detta fordrar att SKB förbättrar sin forskningsinformation avsevärt. FoU-program 86 innebär ett framsteg i detta avseende såtillvida att det är skrivet med måttfullare optimism än tidigare utgåvor, t ex KBS-3. I ju större utsträckning programmet kan granskas fortlöpande av helt fristående internationell vetenskaplig expertis desto lättare torde det bli att uppnå ett brett accepterande hos den majoritet av allmänhet som är beredd att godta vetenskapliga bedömningar.

KTH

Det är viktigt att en fortlöpande kompetensuppbyggnad inom avfallshandlingens problematik även kan ske oberoende av KBS.

...

En tilltalande lösning vore att avsätta en mindre del av de forskningsmedel som förvaltas av SKN att administreras och fördelas av ett från kärnkraftindustrin oberoende organ.

Gbg Univ.

Ett konkret förslag är att SKB avsätter ca 10 milj kr/år till NFR, som – givetvis med samma målsättning – skulle kunna utgöra ett fristående organ för forskningsstöd inom svenska universitet och högskolor. Fakulteten önskar generellt förorda att ansvaret för forskning och utveckling rörande hantering av kärnavfall överförs på organ som är fristående från kärnkraftindustrin. Dessutom måste kvaliteten på den FoU-verksamhet som är av långsiktig och/eller grundvetenskaplig karaktär garanteras genom att finansiering och vetenskaplig prövning handhas av organ med tillräcklig vetenskaplig kompetens.

SGI

bör bli aktuellt som instans i det fortsatta granskningsarbetet. Institutets uppfattning är att bidrag till SGI måste utgå så att 2 experter på åtminstone halvtid kan följa utvecklingen inom kärnavfallsområdet.

SNV

En möjlighet att motverka dessa ”monopoliseringstendenser” vore att låta en del av medlen administreras via en från SKB fristående myndighet, t ex ett forskningsråd eller grupp vid ett sådant. Grundforskningsartade moment borde kunna föras till en sådan form av administration. För att konkretisera det hela kan man tänka sig att forskning i anslutning till naturliga analogier till förvar (U-Th-malmer) kunde utföras på detta sätt. Viss grundvattenkemisk och grundvattenbiologisk undersökning likaså. Med det senare avses kartläggning av den djupa berggrundens mikroflora.

STUDSVIK

Vi vill föreslå att KASAM utformar förslag till konkreta åtgärder och finansiering för att säkra fristående expertis, bl a genom uppdrag till våra universitet och högskolor på aktuella områden.

SKB understryker betydelsen av parallella insatser på myndighetssidan, t ex BIOMOVS-projektet som drivs av SSI och avser jämförelser/validering av nuklidtransport i biosfären, samt HYDROCOIN och INTRAVAL, som drivs av SKI och avser validering av olika datorprogram för grundvattenströmning respektive nuklidtransport i geosfären. STUDSVIK finner den möjlighet till viss oberoende kontroll, som därigenom skapas, som värdefull.

SSI

Ett problem i detta sammanhang som SSI vill peka på är att ett FoU-program av detta utomordentligt omfattande slag – ca 100 milj kr per år – tar en stor del av den svenska forskarkåren i anspråk inom de aktuella disciplinerna. Detta kan leda till svårigheter för ansvariga myndigheter att få tillgång till oberoende svensk expertis för granskning av resultaten. Enligt uppgift från sekreteraren i Samrådsnämnden för kärnavfallsfrågor (KASAM) är det en fråga som myndigheterna inom ramen för KASAM kommer att ta upp i en kommande rapport.

KASAM

Det svenska kärnavfallsprogrammet engagerar en stor forskarkader inom geovetenskap, kemi och teknisk fysik. Detta kan leda till svårigheter för tillsynsmyndigheter att rekrytera från SKB fristående expertis, bl a för bedömning av de förslag till slutförvarssystem som SKB framlägger. I och för sig skulle man kunna anlita exempelvis nordisk expertis för utvärdering eller annan utländsk expertis men även i så fall måste det finnas fristående svensk sakkunskap i bedömningen för att den skall vinna allmänhetens tilltro. För att få en överblick av situationen bör det i SKBs programskrivning ingå prognoser över behövliga resurser i form av forskare och tekniker. Den överblicken saknas för närvarande men är nödvändig för planering av framtida utbildning inom de angivna ämnesområdena.

NEA

The reviewers noted that progress on parts of the programme, such as chemistry R & D, may be limited by the availability of expertise.

* **SKB kommentar.** Samtliga svenska myndigheter inom området för radioaktivt avfall har egna forskningsmedel till förfogande för insatser vid granskning av SKBs arbete, och för kompetensuppbyggnad. Härigenom har myndigheterna möjlighet att anlita och bygga upp oberoende kompetens inom och utom Sverige för att granska olika frågor.

Med hänsyn till att en stor del av den svenska avfallsforskningen ligger i den internationella frontlinjen betraktar även SKB tillgången till kompetens som en viktig långsiktig fråga.

Inom många etablerade områden torde fristående kompetens inte utgöra ett problem. I frontområden bedömer SKB att det är viktigt att fritt kunna utnyttja den bästa kompetensen var än den står att finna.

De arbetsformer mellan SKB och myndigheter, som tillämpats på ett framgångsrikt sätt, innebär att en allmänt tillgänglig och gemensam kunskapsbas byggs upp i Sverige. SKB bedömer det väsentligt att denna inriktning vidmakthålles för FoU-arbetets kvalitet och effektivitet.

Vidare gäller att en samordnad FoU-verksamhet torde krävas för att nå goda resultat inom det synnerligen tvärvetenskapliga kärnavfallsområdet. Med i kärntekniklagen angivna ansvarsförhållanden (och påföljd vid försumlighet) kan ansvaret för att nödvändig forskning genomförs inte flyttas från reaktorinnehavarna/SKB.

4 TIDPLANER

Umeå Univ.

Även om det svenska kärnbränsleförvaringsprogrammet är ambitiöst och väl genomtänkt till sina tekniska detaljer, så förefaller det dock svårt att hålla den skisserade tidsplanen.

STUDSVIK

Den framlagda tidsplanen synes genomförbar och samtidigt medge en viss handlingskraft.

SEN

Med tanke på den omfattande kunskapsutveckling inom kärnavfallsområdet, som programmet förutsätter, kan man också ifrågasätta, om inte den skisserade tidsplanen kan medföra en allvarlig risk för alltför tidiga bindningar till metod och plats. Målsättningen är ju att fram till 1995 ge tillräckliga kunskaper om alternativa utformningar av barriärssystemet och de grundläggande fenomen som har betydelse för säkerhet, optimering samt system- och platsval, och att till år 2 000 kunna lägga fram ett förslag till ett tillfredsställande slutförvarssystem.

Är detta verkligen en tidsram, som ger möjlighet till att använda vunnit kunskap på ett i relation till olika alternativ obundet sätt? Hur mycket är tidsramen påverkad av arbeten med KBS-3-metoden? Kommer man att vara bunden till de problemställningar man identifierat genom arbetet med KBS-3-metoden och därmed riskera att förbigå eller inte få tid att ta hänsyn till ännu icke-identifierade problem, som dock kan komma att upptäckas i det redan nu skisserade forskningsprogrammet.

Vidare kan man ifrågasätta om tidsplanen ger utrymme för en enligt vår mening nödvändig hänsyn till den internationella utvecklingen och behovet av att globalt lösa problemen med ett alltmer omfattande kärnavfall. Sverige har visserligen bundit sig för en nationell lösning av det egna avfallsproblemet men måste samtidigt vara öppet för de krav som kan komma att ställas på en internationell lösning av kärnavfallsproblemet i stort.

De anförda reservationerna talar bl a för en förnyad granskning av den i programmet föreslagna tidsplanen och vaksamhet inför kravet på äkta alternativbredd.

KVA

Betydelsefulla förbättringar av metoderna för slutförvaring kan förutses för de närmaste decennierna, innan deponering blir aktuell. Det är därför väsentligt att Sverige inte tar slutförvaret i bruk tidigare än andra stater, med vilka ett samarbete på detta område pågår.

KASAM

Beträffande långtidsplanen är den genomförbar i den bemärkelsen att ett förslag till ett tillfredsställande slutförvarssystem bör kunna föreligga år 2000. Det kommer, tekniskt sett, med all sannolikhet överträffa KBS-3 systemet i den form detta presenterats tidigare. Även platsvalet för slutförvaret bör kunna vara antagbart vid samma tidpunkt.

SGI

Programtiden bör även förlängas för att medge den här föreslagna kompletteringen av underlag för platsval. Förlängningen motiveras även av att man måste ha beredskap för om det skulle visa sig olämpligt att lokalisera det underjordiska berglaboratoriet till Simpevarp.

...

Institutet har svårigheter i att bedöma om föreslagen tidplan är möjlig att uppfylla. Beträffande underlaget för platsval anser institutet att programtiden bör utvidgas.

Uppsala Univ.

Att arbeta enligt hårt fixerade tidsplaner i denna fråga måste betecknas som ytterst farligt. En deadline på 35 år står i bjärtast tänkbara kontrast till det enorma tidsperspektivet av ca en kvarts miljon år för avfallens fortsatta aktivitet och visar även i kortare perspektiv en brist på proportioner.

Planverket

För att ge möjlighet till en allsidig prövning av alternativa lägen anser planverket det angeläget att en lokaliseringsansökan inlämnas i början av 1990-talet och då belyser minst 3-4 platser.

OECD/NEA

The timescales for the overall strategy and the six-year programme were considered reasonable within the framework of the government guidelines stipulating that: (a) no commitments should be made to specific methods or sites during the 1980s, and (b) alternatives must be considered.

IAEA

At this stage it is difficult to judge how quickly research and scientific understanding will progress, and SKB will need to keep under careful review the degree to which research efforts are focussed on key issues.

* **SKB kommentar.** Planeringen av olika insatser för slutförvaring av det använda kärnbränslet bygger på att detta skall lagras ca 40 år i CLAB. Denna tid kan förlängas utan större åtgärder om så bedöms lämpligt. Det är sålunda inte nödvändigt att av säkerhetsskäl hålla den av SKB föreslagna tidplanen.

Planen är i detaljer baserad på en bedömning av den takt med vilken grundlig information för olika beslut kan göras tillgänglig. Kravet på att den generation som använder kärnkraften också skall ange en lösning på avfallsproblemen är en viktig grund för planeringen. Inriktningen är att man år 2010 kommer att ha erforderliga tillstånd och annat underlag för att genomföra slutförvaringen.

Omfattningen av arbetet beror förutom av de tekniska och vetenskapliga kraven på fullständighet också på

att samhälle och myndigheter för kärnavfallet kräver en särskilt bred och allsidig verksamhet.

Erfarenheterna av SKBs uppläggning av utvecklingsarbetet är att det är möjligt att genomföra en kraftfull satsning på vissa utvecklingslinjer samtidigt som det ges goda möjligheter att välja mellan olika alternativ på basis av deras potential till hög säkerhet och god bevisbarhet.

Jämfört med FoU-program 86 har det i det nya programmet skett vissa preciseringar i tidplanen för lokaliseringens inledande steg.

Sammanfattningsvis anser SKB att den i FoU-program 89 redovisade tidplanen fram till 1995 bör kunna utgöra en bra grund för arbetet under dessa år.

5 ALTERNATIVBREDD

SKI

SKI finner att den avvägning som SKB gör av FoU-satsningen på olika alternativ verkar rimlig, men vill framhålla, att säkerhetsaspekten vid det slutliga valet av plats och metod är den dominerande faktorn och att denna faktor måste ges en tillräcklig tyngd vid val av alternativ.

...

Enligt kärntekniklagen skall FoU-programmet vara allsidigt. SKB har angivit att förvaring av högaktivt avfall från upparbetning av använt kärnbränsle inte behandlas men att det finns ett visst intresse att följa utvecklingen inom upparbetningsområdet. SKI frågar sig om en sådan begränsad uppföljning är tillräcklig eller om det arbete som redovisades i KBS-1 kompletteras med en något mera aktiv insats.

...

Av de olika principer för slutförvaring av radioaktivt avfall som förekommer i den internationella diskussionen framhåller SKB att placering av långlivat avfall på stort djup (flera hundra meter eller mer) i kontinentala geologiska formationer är den princip som prioriteras av alla länder som bedriver mer omfattande forskning och utveckling på avfallsområdet. Det är också den enda princip som enligt SKB inom överskådlig tid bedöms tillgänglig och genomförbar för svenskt vidkommande. Denna bedömning delas av inspektionen.

* **SKB kommentar.** Forskning rörande högaktivt förglasat avfall bedrivs intensivt i ett flertal länder med vilka Sverige har avtal om informationsutbyte. Härigenom har SKB möjlighet att följa upp utvecklingen på detta område. Den kunskap som programmet genererar rörande slutförvaring av använt bränsle är i många avseenden tillämpligt även på andra former av radioaktivt avfall. Egna insatser på förglasat högaktivt avfall är ej motiverade med nu gällande beslut om kärnkraftens framtida utveckling.

KASAM

Alternativbredden i programmet belyses bäst i underlagsrapporten över alternativa slutförvaringsmetoder. I enlighet med denna rapport kan man klassificera alternativ i principiella systemlösningar, platsspecifika alternativ, spridningshinder åtgärder och teknisk utformning och utförande. Alternativbredden bestäms i så fall av de principiella systemlösningarna som omfattar, förutom KBS-3, sk torra förvar, djupa borrhål och WP-Cave för förvar i urberg inom landet. Ur den synpunkten kan alternativbredden anses tillfredsställande.

...

Många intressanta spridningshinderarrangemang diskuteras i underlagsrapporten över alternativa slutförvaringsmetoder. Som helhet är den väl genomtänkt och gedigen och kan anses ge en tillfredsställande utgångspunkt för den framtida forskningen och utvecklingen inom de närmaste åren vid valet av slutförvaringsystem.

...

Den fortlöpande utsorteringen kan emellertid medföra en viss bindning till tidigt utvecklade alternativ, i detta fall till KBS-3, och kräver därför vaksamhet.

STUDSVIK

Slutförvaring under havsbotten – vilket är något helt annat än okontrollerad dumpning av avfall – har varit ett samarbetsobjekt i OECD/NEAs regi sedan flera år. Havsbottensedimenten, som ständigt ökar i tjocklek och genom platttektoniken i vissa delar av världshavet för deponerat avfall allt djupare, är en potentiellt mycket säker plats för slutförvaring. För att ett sådant projekt skall kunna realiseras krävs dock bl a internationella överenskommelser och en utveckling av havsresursteknologin. Det borde vara ett svenskt intresse att följa upp utvecklingen på detta område.

* **SKB kommentar.** SKB följer upp detta arbete via NEAs Radioactive Waste Management Committee.

SSI

I ett mycket långsiktigt tidsperspektiv kommer långlivade radioaktiva ämnen från ett slutligt förvar att spridas över mycket stora avstånd, i vissa fall globalt. Därför kan omhändertagandet av kärnavfall aldrig ses i ett allt för snävt nationellt perspektiv.

Det bör även framhållas att tidsskalan som måste beaktas är av den dimensionen att nationella konstellationer saknar innebörd. Ett nationellt förvar av KBS-3 typ, vilket med nödvändighet måste baseras på inlandsalternativ, innebär att eventuellt utläckande radioaktiva ämnen passerar ekosystem på land där de kan vålla skada innan de slutgiltigt inlagras i djuphavssedimenten. Detta skulle kunna undvikas om t ex förvaret redan från början anordnades i djuphavssediment – vilket dock kräver internationella överenskommelser.

FRN

FRNs uppfattning är att förslaget trots sina pedagogiska fördelar och betoning av allsidigheten inte ger tillräcklig ledning för en bedömning av vad alternativa uppläggningar i stort skulle innebära eller hur de skulle kunna infogas i planeringsmönstret.

Sthlm Univ.

Alternativa slutförvar, som utvecklas i andra länder, kan komma att visa sig överlägsna. Sverige bör därför uppmärksamt följa den internationella utvecklingen och aktivt verka för ett internationellt samarbete inom här aktuell forskning och utveckling. I synnerhet gäller detta de länder som likt Sverige avstått från att uppbygga aktivt kärnbränsle.

SEN

Alternativgenomgången i underlagsrapporten om "Alternativa slutförvaringsmetoder" uppvisar visserligen vad man kan bedöma, en rimlig bredd. Den översiktliga bedömning, som görs av alternativen och som också påverkar prioritering av forskning och insatser, sker dock mer eller mindre påtagligt med KBS-3-metoden som referens. I programmets allmänna del sägs också uttryckligen att denna metod är ett "referensalternativ för fortsatta studier av andra intressanta alternativ". Den är den hittills mest genomarbetade metoden, och myndigheter och regering har "accepterat den som godtagbar med hänsyn till säkerhet och strålskydd". SKBs insatser har också fram till 1984 koncentrerats mot KBS-3-metoden. Det uttryckliga kravet från regering och riksdag på öppenhet inför alternativa lösningar och icke-bindning till en viss metod uttalas i propositionen med förslaget till Lag om kärnteknisk verksamhet november 1983.

VTT

Taking into account that the safety level of the basic disposal concept (KBS-3) of spent fuel is very high according to the results of generic safety assessments performed by SKB and others, also by the Technical Research Centre of Finland (VTT), somewhat cautious approach would be recommendable in the choice of drastically differing disposal concepts for detailed consideration. In the comparison of alternatives the cost-effectiveness aspects should be taken into account as well to favour rational allocation of monetary resources generally available for reducing environmental impacts in the society.

The background report "alternative disposal methods" provides an interesting and diversified compilation of potential disposal methods. The actual R&D programme for the next years focuses reasonably on the KBS-3 design and modifications to it. In-depth evaluation of alternative disposal systems will be performed in 1990's. However, already in the early phase at least a qualitative evaluation of all important stages should be carried out and thoughts should be devoted e.g. on the following aspects.

- Safety during operation, especially if an extended operation or active surveillance period is proposed.
- Performance under exceptional conditions: It may turn out that many different disposal systems can be shown to be functioning with abundant safety

margins under the anticipated conditions. Real differences between the various disposal systems can rather be expected in their tolerance to potential variations from the anticipated conditions as well as in their performance in disruptive processes. Detailed, probabilistic safety analyses are necessary in the evaluation. In these assessments, an important factor will be the biosphere compartment in which the radioactive substances can be released.

- Applicability of the multibarrier principle in each alternative solution.

IAEA

The report on alternative disposal concepts was welcomed by the Panel and the selection of alternatives for review was seen as appropriate. It is recommended that key features of alternatives are identified as soon as possible so that specific research can quickly be focussed on those influencing safety and engineering feasibility.

NIREX

We recognise the attractions of siting below the seabed, and the contribution to safety which the marine pathway would offer.

NEA

The reviewers considered that it was technically correct to examine variations to the KBS-3 concept (more weight on operational and construction requirements). But they urged caution with respect to the effort devoted to radically different alternative designs (unless they have strikingly obvious advantages) because new developments may be necessary which are not directly based upon the extensive experience accumulated to date and could severely delay the programme. For example, with deep borehole emplacement and possibly the WP-Cave alternatives, much further effort would be required to achieve a level of understanding of the important system performance parameters comparable to that now held for the KBS-3 concept. The number of radically different alternatives which can be studied with the available qualified manpower is therefore limited.

Therefore, the reviewers felt it important that judgement be used as rapidly as possible in the course of the programme to progressively limit the range of alternatives investigated, particularly when they are not solely based on technical grounds, so as to focus the R & D work. Furthermore, they noted that in the absence of any criteria for the performance of a disposal concept, there currently is no technical basis for comparing alternatives.

* **SKB comment.** When there are clear indications at an early stage in the study of an alternative, that it has a low potential for a safe repository, it will also be called out at an early stage.

6 PLATSVALSPROCESSEN

SKI

Inspektionen har inte några särskilda kommentarer till detta avsnitt av beskrivningen i del II utöver SKBs konstaterande att "hittills gjorda studier visar, att acceptabel säkerhet är möjlig att uppnå på ett flertal förläggingsplatser i Sverige". Här vill inspektionen understryka att möjligheten att finna sådana platser visserligen är visad men att ingen plats hittills har undersökts så väl att den av myndigheterna har godtagits som plats för ett slutförvar.

KTH

Som exempel på en fråga där ansträngningarna kunde koncentreras vill vi nämna förläggningen av inkapslingsstation och slutförvar. Vi anser att denna om möjligt bör förläggas i anslutning till CLAB.

NFFH

Ett mycket omfattande förtjänstfullt arbete har lagts ned på att studera den svenska berggrunden i akt och mening att finna lämpliga platser för tillfällig lagring och definitiv placering av kärnkraftsavfallet (t ex Berggrundsundersökningar. Programrådet för radioaktivt avfall 1981; 3, . 21–40).

...

Med hänsyn till framförda fakta och faktorer kan slutsatserna för Nordisk Förening för Humanekologi bara bli [. . .] att föreliggande kärnkraftsavfall i brist på bättre alternativ snarast bör sändas till slutförvaring på de lämpligaste mest avlägsna och för människor mest oåtkomliga platser som kan påträffas inom Norden!

SGI

Lokaliseringen av SFL – slutförvaret för det högaktiva avfallet – ingår endast i FoU-programmet i form av momenten typområdesundersökningar, detaljerade platsstudier, val av plats, optimering (platsanknuten optimering av förvarssystemet), och lokaliseringsansökan. Någon heltäckande plan för lokaliseringsverksamheten ingår ej. Ej heller är de övergripande målen för lokaliseringsarbetet beskrivna. Visserligen är resultaten av de redan företagna lokaliseringsstudierna redovisade, men någon analys av måluppfyllelsen finns ej. Den enda målsättning som anges i programmet är den för typområdesundersökningarna. Syftet med dessa undersökningar anges vara att bredda och fördjupa kunskaperna om den svenska berggrunden på sådana platser där geologin anses lämplig för ett slutförvar. Målet är att till 1992 ha ett erforderligt underlag för att välja 2 områden där detaljerade undersökningar kan genomföras. Av planen framgår således inte vilka krav man ställer på det område man letar efter. Institutet in-

ser att man inte kan ställa kravet att det mest lämpliga området skall lokaliseras. Någon form av systematiskt letande och bild av den ideala bergmassan bör dock upprättas liksom en mer preciserad målsättning för lokaliseringsverksamheten. Denna programdel skulle då komma i samma nivå som utredningsmomenten "bergets grundvattenrörelser" och "bergets stabilitet i ett långtidsperspektiv".

Berggrunden som barriär synes enligt FoU-program 86 inte längre få den betydelse som de konstgjorda barriärerna, kapsel och kompakterad bentonit. Institutet anser att det är en olyckligt vald strategi att nu utgå ifrån att endast ett fåtal ytterligare gnejs- eller granit-områden behöver undersökas innan ett definitivt platsval görs.

SGI anser att det saknas en heltäckande plan för lokaliseringsverksamheten. De övergripande målen för lokaliseringsarbetet är inte beskrivna. Det erfordras att denna programdel får samma precisering som t ex utredningsmomenten "bergets grundvattenrörelser" och "bergets stabilitet i ett långtidsperspektiv".

ÖCB

avstår från att yttra sig men vill erinra om att man, i ett senare skede vid val av plats för slutförvaring, även bör beakta de krav som en kris- eller krigssituation ställer.

TAC

considers that the research plan proffered is fully comprehensive, that there is flexibility and adaptability to new information and data, and that there is reasonable time allowed for evaluation of the eight sites that have been extensively studied in previous work. We support the desirability of selecting the site of the planned underground research laboratory as one of the areas for eventual detailed characterization.

IAEA

On the basis of the information available from SKB, the Panel recommends that the SKB concentrates study-site investigations on gneiss and granitic bedrock without necessarily excluding some further studies in gabbro. The supplementary investigation programme was discussed and accepted by the Panel.

In the study-site investigations, higher priority could usefully be given to studies of regional hydrogeology. Substantial safety factors can be gained if there are long groundwater travel times from the repository to the biosphere. Recharge areas where groundwater flows into the bedrock and does not surface again for a long time might be advantageous for repository development.

CEA

Programmet för den detaljerade undersökningen för val av plats för förvaret enligt det nämnda tidsschemat är ännu inte definierat. Speciellt ger SKBs dokument inte svar på följande frågor:

- * omfattningen av rekognoseringarna? Hur drar man slutsatser av tidigare utförda studier över hela Sverige?
- * anläggs ett underjordiskt laboratorium för karakterisering, speciellt för bestämning av alla gynnsamma zoner?
- * vilken roll tilldelar man modeller?
- * vilka är kriterierna för valet?
- ...

Kvalitetssäkringen beträffande studium av förläggningsplatser är inte berörd. Emellertid har vi erfarit att proceduren vid inmatning av data för "geodatabasen" innefattar kontroll av en specialist. Antalet konsulter för hela forskningsprogrammet kommer utan tvivel att bli högt. Att säkerställa sammanhanget och att kontrollera alla studier och försök torde kräva att man etablerar väl definierade procedurer.

* **SKB kommentar.** Ett systematiskt program för QA i olika skeden av SKBs program kommer att börja utarbetas under 1990.

NEA

There was no detailed site selection procedure or criteria so that the choice of two sites for full characterization appeared to be arbitrary. The reviewers considered the lack of a site selection procedure or a stated rationale for characterizing two sites rather than some other number, to be a significant omission which should be rectified at an early stage as soon as possible.

...

The choice of a final site will be between at least two fully characterized sites. It should be clearly recognised that, assuming both sites can be demonstrated to provide adequate safety, the technical methods available for site characterization and safety assessment, now or in the future, are unlikely to allow ranking of the sites on purely technical/safety grounds. This is not a shortcoming; it only emphasises that the choice among safe sites will be based on non-technical considerations.

Planverket

De av dessa [alternativa] lägen, som vid prövningen framstår som sannolikt lämpliga med hänsyn såväl till allmänna planeringssynpunkter som till geotekniska och andra tekniska förhållande torde, med stöd av innehållningsbestämmelserna i 2 kap 8 § NRL, behöva hållas öppna för slutförvaret tills det slutliga platsvalet sker. Planverket bedömer det således sannolikt att en lokaliseringssprövning enligt 4 kap NRL i detta fall bör göras i två steg.

Planverket vill återkomma i frågan för att i samråd med Statens Kärnbränslenämnd närmare diskutera de krav på planmässigt underlagsmaterial som naturresurslagen ställer.

* **SKB kommentar.** Jämfört med FoU-program 86 ges i det nya programmet en mera detaljerad plan för lokaliseringen av slutförvaret, se FoU-program 89, del II kapitel 2. Där konstateras också, liksom i en del kommentarer, att "Det är tveksamt om man med rimliga insatser kan peka ut den i alla avseenden bästa platsen. Detta är ej heller nödvändigt, det är fullt tillräckligt att finna en plats som har sådana förhållanden i berget och i övrigt att de mycket högt ställda kraven på säkerhet och strålskydd kan tillgodoses".

SGI

När det gäller frågan om förvar i gabbroformationer finner vi – liksom utredningen – att underlaget för val egentligen är otillfredsställande. Vi delar emellertid också utredningens slutsats att sannolikheten är liten att man kan finna en tillräckligt stor och ur alla synpunkter lämplig gabbrokropp. Sannolikheten att finna ytterligare, lämpliga gnejs- eller granitområden bedömer vi däremot som betydligt större. Vi föreslår därför att insatserna istället läggs på att systematiskt granska fler av de sistnämnda bergartstyperna.

SGU

Bedömningen att gabbromassiv av tillräcklig storlek saknas i Sveriges berggrund bedöms av SGU som missvisande och felaktig. Då det är klart att skillnader i grundvattenkemi och bergets sammansättning påverkar korrosion av skyddsmaterial och lösning, transport och utfällning av kemiska komponenter i avfallet, bedöms det som väsentligt inför kommande beslut att åtminstone något område med basiska bergarter undersöks på samma sätt som övriga typområden. Helst borde man välja typområden i dioriter, gabbro eller ultrabasiska bergarter. Sådana undersökningar måste starta omgående för att kunna vara avslutade 1992.

SKI

SKB konstaterar i FoU-program 86 att fortsatta studier av gabbroförekomster inte är angelägna. Ett skäl är att det enligt SKB torde vara förhållandevis svårt att finna tillräckligt stora och homogena formationer av denna i Sverige relativt ovanliga bergart. Dessa omständigheter måste enligt SKI beaktas.

NFR

Det är beklagligt att undersökningarna på gabbromassiv inte kunnat genomföras. Denna bergartstyp har som förvaringsplats goda egenskaper såväl ur tätningssynpunkt som ur geokemisk synpunkt.

NEA

The reviewers considered that the rationale presented for discontinuing studies on gabbro sites is reasonable

and convincing. The suggested potential advantages on a host rock do not appear sufficiently attractive to outweigh the disadvantages associated with the relative scarcity of suitable formations.

TAC

The emphasis on gneissic and granitic rocks as the potential host for a waste repository is appropriate. The research plan for the study of possible sites seems comprehensive, appropriately flexible and appears to follow sufficient time for a careful evaluation.

...

Gabbro, and its metamorphic equivalents, are well known to be associated with certain types of mineral deposits including platinum group elements, chomite

deposits, copper/nickel deposits, etc. A de-emphasizing of gabbroic rocks as potential hosts for a waste repository in Sweden therefore seems appropriate in view of the success in finding acceptable rock quality within the granitic suite of rocks.

* **SKB kommentar.** Med anledning av erhållna kommentarer uppdrog SKB till SGU att komplettera den gjorda inventeringen av svenska gabbromassiv. Resultatet av denna komplettering förändrar inte bedömningen att homogena gabbrokroppar som är tillräckligt stora för ett slutförvar är svåra att finna i Sverige. I FoU-program 89 har därför de planerade geologiska studierna inriktats på gneis och granit.

7 ETISKA FRÅGOR

SEN

Forskningsprogrammet utgår från att begreppet slutförvar innebär ett förvar, som för sin säkerhet är oberoende av fortlöpande kontroll och underhållsåtgärder. Konsekvensen blir att den långsiktiga säkerheten måste vara garanterad i valet av förvarsplats och systemutformning. Just det radioaktiva avfallet är unikt genom att det tvingar oss att planera för tusentals år framöver. Därmed ställs också krav på en säkerhetsanalys av förlopp långt in i en avlägsen framtid.

Nämnden kan inte finna att forskningsprogrammet tillfredsställande behandlar de problem, som aktualiseras av denna tolkning av begreppet slutförvar och dess konsekvenser för säkerhetsproblemen, en tolkning som för övert huvud bestämt vår syn på de krav ett slutförvar ställer. Även om vissa av de kunskapsluckor kan utfyllas fram till det slutgiltiga valet av plats och system, som nu bidrar till osäkerhet i bedömningen på en rad punkter av förvarets funktion, kommer fortfarande just pga det långa tidsperspektivet osäkerhet att bestå. Vi behöver därför en arbetshypotes eller modell för hur vi skall hantera denna osäkerhet. Detta är nödvändigt, desto mer som vi samtidigt har tagit för givet, att det är vår generations uppgift att finna en slutgiltig teknisk lösning, som kan fungera under mycket långa tidsrymder enligt kriterier för vad dagens samhälle betraktar som tillräcklig säkerhetsnivå för ett slutförvar.

Därmed står vi också inför ett svårt dilemma. Vi kan å ena sidan genom att vi känner till avklingningstiden för olika radioaktiva ämnen rätt säkert fastställa tiden för den långsiktiga säkerhet vi ser som vår uppgift att garantera. Å andra sidan ökar med tidsavståndet osäkerheten i våra möjligheter att bedöma om vårt val av slutförvar långsiktigt uppfyller de säkerhetskrav vi själva ställt på detta.

Detta dilemma, som karakteriserar det slutgiltiga val som FoU-programmet är avsett att ge underlag för, utgör inte enbart ett tekniskt-naturvetenskapligt-ekonomiskt problem. Programmet antyder självt att det förhåller sig så genom att dels konstatera, att kriterierna för vad samhället betraktar som tillräcklig säkerhetsnivå för ett slutförvar slutligen är avgörande både för val av förvarsplats och systemutformning, dels att det ankommer på samhället att välja acceptanskriterier, med hänsyn till sina ambitioner och resurser att skydda människor och miljö från skadlig påverkan.

NFFH

I själva verket torde kunskapsteoretiska, beteendevetenskapliga och miljövärdsbetonade synpunkter vara de för ögonblicket mest angelägna beträffande det

aktuella problemkomplexet. Det är därför förvånande att till exempel Miljövärdsprogrammet i Lund med sin internationellt välkände expert, professor Thomas B. Johansson, ej återfinns bland remissinstanserna.

...

Man saknar över huvud taget en adekvat och meningsfull risk- och olycksdiskussion i det framlagda programmet, en diskussion som utgår från att eventuella fördelar ligger på nuvarande generationer och nackdelarna på kommande släktled.

...

Framför allt upptäcker man hur programmet undviker eller nonchalerar en i sammanhanget ytterst väsentlig faktor, nämligen det mänskliga beteendet. Det är sålunda inte alls tillräckligt att tala om vilka säkerhetsåtgärder som har vidtagits. Vad som främst är av intresse är hur vi reagerar vid katastrofhot under helt artificiella förhållanden å la kärnkraftverk.

* **SKB kommentar.** SKB konstaterar att det radioaktiva avfallet skulle, om skyddsåtgärder inte vidtogs, utgöra en risk för människan och hennes omgivning. Det måste därför hanteras och slutförvaras på ett säkert sätt. SKB delar dock inte uppfattningen att det är någonting unikt med detta avfall som tvingar oss att planera för tusentals år framåt. Det finns i samhället andra avfallsformer väl så farliga som det radioaktiva avfallet, och vilkas farlighet inte minskar med tiden. Det unika med radioaktivt avfall är snarast att det utgör den första kategori där tillståndsfrågorna direkt knutits till långtidsaspekterna.

SKB delar den allmänna bedömning som framkom vid KASAM/SKNs etikseminarium september 1987, att ett förvar bör vara så konstruerad att den för sin säkerhet inte är beroende av kontroll och korrigerande åtgärder, samtidigt bör konstruktionen inte omöjliggöra sådana åtgärder. Dvs varken kräva att framtida generationer tar ett ansvar eller undanhålla dem möjligheten att ta ett ansvar.

SKB delar också uppfattningen att hanteringen av osäkerheter är en central fråga för slutförvaringen av långlivat radioaktivt avfall. Många av de prioriteringar som gjorts i forskningsprogrammet grundas på dels bedömningar av vilka av de kvantifierbara osäkerheterna som har största betydelse för säkerhetsbedömningarna dels bedömningar av huruvida dessa osäkerheter kan reduceras på ett för säkerheten väsentligt sätt. Begrepp som naturliga analogier och flerbarriärssystem är centrala för att de möjliggör viss hantering av svårkvantifierbara osäkerheter.

8 INTERNATIONELLT SAMARBETE

Uppsala Univ.

Problemet med den sociala acceptansen ger därmed ytterligare tyngd åt vår ståndpunkt att Sverige i stället för att binda sig vid en snävt nationell policy bör medverka med andra länder till att söka en verkligt internationell lösning på vad som otvivelaktigt är ett internationellt problem.

Sthlm Univ.

Det är positivt att SKB synes ha varit initiativrik då det gäller det internationella samarbetet på avfallsområdet. Positivt är också att det finns planer på ett utökad samarbete med svenska universitets- och högskoleinstitutioner.

...

Man kan möjligen fråga sig om inte några utvalda platser för analys av följderna av kärnvapenprov från underjordiska sprängningar skulle kunna vara av visst intresse för migrationsstudier även om tidsperspektiv och geologisk miljö sannolikt begränsar värdet av faktautbytet.

NFR

anser att fortsatta kontakter och samarbetsprojekt med andra länder som har liknande problem är mycket angelägna. Inte minst kan man härigenom bredda kompetensen inom vissa "smala" sektorer där nya problemställningar skall angripas.

STUDSVIK

Bolaget vill understryka betydelsen av en fortsatt bevakning av den internationella utvecklingen inom kärnbränslecykeln, bl a för myndigheternas ställningstaganden och fortsatt svensk kompetens inom berörda och angränsande områden, såsom safeguardskontroll och nedrustning.

SKI

Enligt inspektionens uppfattning ligger SKBs insatser inom [bentonit]området långt framme även sett från internationell synpunkt. Inom Stripa-projektet har således uppnåtts viktiga resultat i internationellt samarbete genom försök med bentonit i stor skala.

...

Inspektionen anser vidare SKBs väl utvecklade internationella samarbete på [det geologiska] området vara av stort värde.

...

Inspektionen noterar med tillfredsställelse att SKB även deltar i det av OECD/NEA ledda projektet för verifiering och andra studier av probalistiska modeller.

Allteftersom modellerna vidareutvecklas och att nya konceptuella modeller införs i säkerhetsanalysen kommer behov av nya verifieringar att uppstå.

...

Kärnkraftinspektionen bedömer liksom SKB att en omfattande internationell verksamhet inom kärnavfallsområdet är mycket viktig. Samarbetet med forskare i andra länder och utbyte av forskningsresultat ger möjlighet till jämförelser och kontroll att forskningsverksamheten håller hög kvalitet. Inspektionen stöder sig därvid på omfattande egna internationella kontakter och erfarenheter från av inspektionen ledda internationella projekt.

SSI

En möjlighet att förbättra en modells trovärdighet vilken institutet förordar kan vara att studera hur kemiskt analoga ämnen till de beaktade radioaktiva uppträder i naturen, t ex som görs av SKB med flera i Poços de Caldas projektet i Brasilien.

...

En möjlighet att förbättra modellernas trovärdighet kan vara att studera hur kemiskt analoga ämnen till de beaktade radioaktiva uppträder och sprids i naturen. SKB har i FoU-programmet angivit att man avser följa och driva vissa internationella projekt inom detta område. Institutet anser det väsentligt att dessa projekt även kommer att omfatta studier av spridningsförlopp i biosfären.

TAC

The Stripa and JSS Projects are well-developed and have already produced very fruitful results. The present goals and plans to implement subsequent phases of these projects appear logical and are to be encouraged. The unique characteristics of the URL, situated in a geology very similar to that of Sweden, makes this collaborative effort a very promising one. The Poços de Caldas Project in Brazil jointly undertaken with Great Britain, Switzerland and Brazil affords a unique opportunity to carry out natural analogue studies. Realization of the well-articulated goals would provide much valuable information in this important area of research.

...

SKB also participates in projects involving comparison and validation of research/performance assessment computer models such as HYDROCOIN, INTRAVAL, BIOMOVs and the PSAC User's Group. The activities undertaken in these projects are important as they provide the means for peer review of each

other's work in computer modelling, an area in which Sweden makes significant contributions.

...

It is very evident that Sweden has developed a comprehensive and well-planned programme of international cooperation with many countries to complement and enhance its own research and development work. This collaborative effort is to be commended for its effectiveness and encouraged in its future development.

NEA

The reviewers also considered that SKB's level of involvement in international collaborative activities is of significant benefit to the R & D programme.

...

Finally, the [reviewers] considered that the use of international collaboration to aid R & D work, which is

a specific feature of the SKB approach, was realistic and beneficial.

...

The reviewers noted that good use is made of international cooperation projects and SKB has a direct involvement or a leading role in many of them. The reviewers regarded this as a significant benefit to the programme.

* **SKB kommentar.** Internationell samverkan är en hörnsten i SKBs verksamhet. SKB har därför etablerat nära samarbete – i många fall genom gemensamma projekt – med de länder som bedriver utvecklingsarbete på kärnavfallsområdet. Samarbetet avses även i fortsättningen bedrivas aktivt och anpassas till FoU-programmet.

9 ORGANISATION, GENOMFÖRANDE OCH INFORMATION

SKI

Samtidigt vill SKI understryka betydelsen av att nära kontakter hålls mellan SKB och myndigheterna i olika skeden av FoU-programmet och att SKI kan ta del av forskningsresultaten i den takt de kommer fram.

...

Exempel på sådana kontakter är att SKB deltar i vissa av de internationella forskningsprojekt som inspektionen har initierat, t ex hydrologiprojektet HYDRO-COIN. Det är för vissa av de forskningsarbeten som SKI arbetar med mycket viktigt att inspektionen får tillgång till undersökningsmaterial som SKB tar fram. Dessa arbeten ligger nämligen ofta till grund för fastläggande av jämförelsekriterier och acceptanskriterier för platsutvärderingar.

STUDSVIK

Samrådet mellan myndigheterna i KASAM och FoU-programmet bör därför utvidgas till att omfatta även informationsfrågor.

SNV

Forskningsinformation blir ett viktigt fält att förbättra.

Lst Uppsala

Erfarenheterna från de planerade provborrningarna i Almunge 1985 visar att informationen till allmänheten om pågående projekt måste ägnas mycket stor uppmärksamhet.

* **SKB kommentar.** SKBs har under de senaste åren avsevärt ökat resurser och insatser för information till allmänhet, myndigheter och politiska organ.

NEA

The reviewers noted that optimization is included in the R & D strategy but the report does not clearly identify any specific strategy for objectively moving towards an optimized system.

...

The reviewers considered that the measures proposed to ensure continued high quality of R & D work within the programme, such as peer reviews, establishing comprehensive data bank systems, participation in international groups etc., are appropriate for an R & D programme. In particular, they considered the setting up by SKB of an "integrated performance group" (as indicated during discussion) to monitor and set priorities for R & D activities a very worthwhile initiative.

* **SKB comment.** The optimization of the repository system is not planned to begin until a site has been selected and alternativ system configuration has been evaluated, ie around year 1998.

Fivh

Det skulle vara intressant att veta hur information skall bevaras i hundratusentals år, kanske medan flera inlandsisar drar ned över Sverige. Vi kan nu inte ens förstå innebörden i de hållristningar som gjordes för 3000 år sedan, trots att dessa gjordes av exakt likadana människor som vi och i ett uppenbart syfte att vidarebefordra information.

Riksarkivet

Hittills gjorda erfarenheter i fråga om anläggningsbunden eller objektanknuten information i form av tekniska dokument och ritningar i allmänhet (= relationshandlingar) har i flera fall visat på att olika tekniker för framställning, lagring och reproduktion av dokumenten innebär svåra problem i fråga om materialets beständighet och förvaring på lång sikt. En viktig fråga gäller även handlingarnas åtkomlighet. Ett väl fungerande registreringsystem med flera ingångar är ofta nödvändigt för snabb och säker åtkomst. Såvitt RA kan bedöma har synpunkter på dokumentationens utformning och egenskaper inte tagits upp i det remitterade materialet om program för forskning och utveckling trots att även dessa frågor rimligen hör dit.

* **SKB kommentar.** För att långsiktigt informationsbevarande skall få en gemensam nordisk hantering har SKB föreslagit att frågan om vilken information om slutförvaringsanläggningar som skall bevaras, hur länge den skall bevaras och på vilket sätt den skall bevaras skall tas upp i det planerade gemensamma nordiska kärnsäkerhetsprogrammet som kommer att bedrivas under säkerhetsmyndigheternas huvudmannaskap.

SKB vill gärna framhålla att slutförvarets säkra funktion inte är beroende av ett långsiktigt informationsbevarande. Kännedom om förvaret, dess innehåll och läge reducerar risken för oavsiktligt intrång. Det är dock inte möjligt att genom passivt fungerande skyddsarrangemang hindra framtida generationer att vidta åtgärder som vi idag betraktar som olämpliga. Varje generation måste ha frihet att vidta de åtgärder man bedömer lämpliga och bära ansvaret för sina beslut. Å andra sidan skall anläggningen utformas så att konsekvenserna av oavsiktligt intrång är begränsade.

II FORSKNINGSPROGRAM

1987 – 1992

2 TEKNISKA BARRIÄRER

2.1 ALLMÄNT

Uppsala Univ.

Det skisserade forskningsprogrammet är mycket omfattande och redovisas därför ej särskilt detaljerat. Såvitt kan bedömas täcker målsättnings- och verksamhetsbeskrivning de frågeställningar som hittills varit föremål för diskussion. Det förefaller också troligt att man kan uppnå tillräcklig kunskap beträffande de identifierade problemställningarna för att på sikt uppfylla säkerhetsmålen.

SSI

En stor del av SKBs program utgörs av forskningsinsatser inom det område som definieras som närzon dvs det område som i stort består av avfallskolli och buffert. Från SSIs synpunkt är närzonen av intresse därför att händelser i denna i mycket stor utsträckning påverkar radionuklidernas fortsatta spridning till biosfären. De kunskapsluckor som är av intresse från SSIs sida bör om FoU-programmet följs upp enligt planerna ges goda förutsättningar att överbryggas.

IAEA

Largely because of the requirement to avoid any early commitment to a specific repository design, the research programme does not yet address some of the more practical problems connected with development of the large scale industrial enterprise that nuclear waste disposal will be. For example, quality assurance in the routine manufacture and sealing of containers for spent nuclear fuel will require some research on process reliability. Similarly, the potential effectiveness of quality assurance and control of buffer, backfill and sealing materials in a repository will require assessment. These considerations will be relevant to decisions on the repository system design and will require research in the early 1990s once alternative repository concepts have been narrowed down.

...

The section on Engineered Barriers is an excellent example of the good use of international cooperation and it focusses on key issues to be researched. However, there is a need for this research to be directed by the results of safety assessments. It is recommended that sensitivity analyses on overall disposal concepts (including alternatives) be used to assess the effect of each barrier on the overall performance of the system. These analyses need not be as complex as those required for application of a license for a site, the choice of a disposal method, or for optimization of a repository design, but they should be sufficiently rigorous to be

credible. They will be essential to decisions on priorities for R&D and as an overall programme management tool.

* **SKB comment.** The importance of an appropriate correlation between the various phases of repository development and the requirements of quality assurance measures is recognised by SKB.

A systematic QA approach will be developed during the early 1990-ies.

CEA

I jämförelse med KBS-3 kan man iaktta en ny roll för de tekniska barriärerna, nämligen att kompensera "brister" hos den geologiska barriären. Denna idé kan bedömas som rimlig för störningar av lokal karaktär. Den blir riskabel om den åsyftar en anpassning till en geologisk mindre lämpligt förläggingsplats. Man får här påminna om den komplementära rollen för varje barriär, som bör bibehållas för att den totala säkerheten hos förvaret skall uppnås.

* **SKB kommentar.** Gränsen för vad som är "geologiskt mindre lämpligt berg" kan under utvecklingsskedet endast definieras via totala säkerhetsanalyser. SKB avser att i kommande integrerade säkerhetsanalys, SKB 91, söka fastlägga vad som för olika parametrar kan krävas av ett lämpligt berg. Flerbarriärprincipen är och förblir grundläggande i SKBs planering.

VTT

In the research programme considerable emphasis should be paid on the phenomena and interactions affecting the repository and its immediate vicinity.

...

The actual R&D programme for the next years focuses reasonably on the KBS-3 design and modifications to it. In-depth evaluation of alternative disposal systems will be performed in 1990's. However, already in the early phase at least a qualitative evaluation of all important stages should be carried out and thoughts should be devoted e.g. on the following aspects.

- Safety during operation, especially if an extended operation or active surveillance period is proposed.
- Performance under exceptional conditions: It may turn out that many different disposal systems can be shown to be functioning with abundant safety margins under the anticipated conditions. Real differences between the various disposal systems can rather be expected in their tolerance to potential

variations from the anticipated conditions as well as in their performance in disruptive processes. Detailed, probabilistic safety analyses are necessary in the evaluation. In these assessments, an important factor will be the biosphere compartment in which the radioactive substances can be released.

- Applicability of the multibarrier principle in each alternative solution.

* **SKB comment.** Operational safety is regarded as an important part of the technical feasibility of alternative designs and will at different levels of detail be part of the culling of alternatives.

With regard to exceptional conditions, SKB plans to present a detailed overview of scenarios in connection with the R&D program 1992. Thereby it will also be discussed what scenarios will have significant effects on the repository design.

2.2 UTFORMNING AV FÖRVAR

SKI

Forskningsprogrammet under de närmaste två åren omfattar en inventering av alternativen på olika nivåer samt utvärdering av dessa med hänsyn bl a till säkerhet och genomförbarhet. Därefter avser SKB att fortsätta arbetet med prioriterade alternativ med användande av data från typområdesundersökningar. Här vill inspektionen särskilt framhålla betydelsen av att en kvantitativ säkerhetsbedömning genomförs i samband med prioriteringen. Detta är av stor vikt för den fortsatta myndighetsgranskningen av FoU-programmet.

* **SKB kommentar.** Såvida inte samtliga alternativa förvarskoncept studeras mycket ingående kommer alltid säkerhetsjämförelserna att vara behäftade med avsevärda osäkerheter. En väsentlig del av underlaget för prioriteringar kommer således att utgöras av bedömningar av de olika alternativens utvecklingspotential. Ett viktigt kriterium för att acceptera att gallringar genomförs på sådan grund är dock att flexibiliteten och mångfalden i utvecklingsvägarna inte begränsas i ett alltför tidigt skede.

VTT

Taking into account that the safety level of the basic disposal concept (KBS-3) of spent fuel is very high according to the results of generic safety assessments performed by SKB and others, also by the Technical Research Centre of Finland (VTT), somewhat cautious approach would be recommendable in the choice of drastically differing disposal concepts for detailed consideration. In the comparison of alternatives the cost-effectiveness aspects should be taken into account as well to favour rational allocation of monetary resources generally available for reducing environmental impacts in the society.

...

In our view it is better to make detailed comparative analyses for a restricted number of alternatives rather than superficial consideration of many alternatives. In addition, to better maintain a balanced consideration of different concepts it might be better to avoid changing the basic approach too drastically and in too many respects at a time. Furthermore, keeping in mind the rational allocation of monetary resources available in the communities in general for reducing environmental impacts it is doubtful whether more expensive and much more sophisticated disposal systems could be cost-effective. In this respect it is well motivated that SKB has proposed that the alternative concept studies each commence with a cost analysis enabling a realistic comparison of various options.

* **SKB comment.** SKB agrees.

TAC

The objectives of assuring a conceptual repository design by the mid 1990s is reasonable and achievable, and the required steps are clearly outlined.

...

Overall, the programme outlined appears reasonable and capable of accomplishment.

NEA

The reviewers considered that it was technically correct to examine variations to the KBS-3 concept (more weight on operational and construction requirements). But they urged caution with respect to the effort devoted to radically different alternative designs (unless they have strikingly obvious advantages) because new developments may be necessary which are not directly based upon the extensive experience accumulated to date and could severely delay the programme. For example, with deep borehole emplacement and possibly the WP-Cave alternatives, much further effort would be required to achieve a level of understanding of the important system performance parameters comparable to that now held for the KBS-3 concept. The number of radically different alternatives which can be studied with the available qualified manpower is therefore limited.

* **SKB comment.** SKB agrees, many alternatives must be screened out by a quite simple comparison between the various concepts on their potentials for a safe repository and their need for further research.

2.3 AVFALLSFORMER

SKI

Sammanfattningsvis har SKBs FoU-program inom området avfallsformer enligt inspektionen en omfattning som väl täcker kunskapsbehovet, även om det ännu inte är möjligt att helt identifiera vilka processer som är av

störst betydelse eller som pga mer grundläggande osäkerheter är svåra att utnyttja i säkerhetsanalysen.

Gbg Univ. och NFR

Vid upplösning av bränslematrisen (urandioxiden) och dess innehåll av klyvningsprodukter och aktinider tillämpas i allmänhet en enkel löslighetsmodell, som vid tester i allmänhet inte stämmer särskilt väl med experimentella data. Förklaringen härtill är att det genomgående sker en kemisk förändring av den fasta fasen (oxider, hydroxider, hydratkomplex). Utlösningen sker därefter ur dessa material. Inom detta område krävs betydande forskningsinsatser.

VTT

The factors effecting the dissolution mechanism and solubility of UO_2 matrix, such as the possible formation of secondary uranium phases on the surface, or elsewhere in the repository and bedrock, are especially important subjects in the research programme.

* **SKB kommentar.** Om förhållandena på bränslets yta är oxiderande skapas sekundära fasta faser. Sådana har identifierats vid SKBs studier av använt kärnbränsle och vidare studier av dessa är en väsentlig del av forskningsprogrammet.

STUDSVIK

Bolaget vill understryka betydelsen av en fortsatt bevakning av den internationella utvecklingen inom kärnbränslecykeln, bl a för myndigheternas ställningstaganden och fortsatt svensk kompetens inom berörda och angränsande områden, såsom safeguardskontroll och nedrustning.

...

STUDSVIK noterar med tillfredsställelse att SKB planerar relativt stora insatser på radiolytisk oxidation av UO_2 och andra effekter av radiolysen. Även växelverkan av andra komponenter i förvarssystemet kommer att studeras under den senare delen av programmet. Vi vill understryka betydelsen av dessa studier.

KVA

Det är en angelägen uppgift i den fortsatta forskningen att studera kinetiken och mekanismerna för olika radiolysprodukters oxidation av UO_2 .

VTT

The yields of radiolysis products in heterogenous systems are poorly understood. Very few results are available regarding the effect of radiation on both buffer material and canister materials at radiation dose rates levels expected in the repository. The overall effects of radiolysis in a complex repository, and especially the radiolytic oxidation of UO_2 and effect of radiolysis on actinide solution chemistry in the repository are important subjects to be emphasized in the programme.

* **SKB kommentar.** SKB delar uppfattningen att radiolys är ett viktigt forskningsområde.

SKI

Inspektionen vill särskilt peka på betydelsen av att klarlägga de termodynamiska jämvikterna och kinetiska effekterna för löslighetsförloppen liksom effekter av förhöjd temperatur och tidigt kapselbrott.

...

Inspektionen delar SKBs uppfattning att detta projekt [JSS] liksom övrig forskning på upplösningmekanismer för glas är av stort värde även när det gäller urandioxidbränsle. Förutsättningarna för ett liknande projekt på bränsleområdet är visserligen annorlunda men enligt inspektionens uppfattning bör initiativ i den vägen uppmuntras och stödjas.

...

Detta framgår också indirekt av SKBs planer för den närmaste treårsperioden där arbetet följaktligen avser studier av de grundläggande mekanismerna för upplösning av UO_2 -bränsle. Omkring 1990 kommer arbetet enligt SKB att övergå till studier av de mer komplicerade förhållanden som råder i förvarsmiljö, innebärande att hänsyn tas till närvaro av t ex kapslings- och buffertmaterial.

...

Enligt inspektionen är detta en principiellt riktig väg att gå, men med tanke på problemens svårighetsgrad synes den uppställda tidsplanen vara alltför snävt tilltagen. Inspektionen vill särskilt poängtera betydelsen av modellutveckling för beskrivning av förloppen i termer av termodynamiska jämvikter (lösligheter) och kinetiska effekter. Inverkan av förhöjd temperatur och tidigt kapselbrott behöver också studeras. En återkoppling av resultaten från modellberäkningar till experimentella studier är nödvändig för att nå resultat som skulle kunna användas i säkerhetsanalysen. De resurser som avdelas för ändamålet måste dock hela tiden vägas mot de osäkerheter som är förknippade med modellbeskrivning av starkt heterogena system och hur dessa osäkerheter påverkar vilka effekter som är möjliga att ta hänsyn till vid analys av barriärsystemets funktion i närområdet.

...

En av de grundläggande frågorna att ta hänsyn till vid beskrivning av hur radionukliderna frigörs från bränslet är i vad mån bränslematrisen är stabil eller undergår kemiska och fysikaliska omvandlingar. Sker en sådan omvandling snabbare än transport av motsvarande mängder uran genom barriärsystemet innebär detta en möjlighet till snabbare frigörelse av radionuklider än vad som framgår av uranets borttransport. Denna fråga är nära förknippad med redoxförhållandena under

förloppet. Reducerande miljö leder till lägre löslighet av uran och stabilare matris. Redoxförhållandena skulle emellertid kunna vara oxiderande pga alfaradiolyt av vatten närmast bränslet. Kunskapsläget är här mycket oklart. SKB anser det därför motiverat med stora insatser på detta område. En del av de planerade experimenten kommer att utföras med obestrålad UO₂, vilket inspektionen finner fullt i sin ordning med tanke på de experimentella svårigheterna. Samtidigt vill inspektionen poängtera att en vetenskapligt helt korrekt beskrivning av dessa redoxförhållanden torde vara mycket svår att uppnå om hänsyn tas till alla de material som ingår i systemet.

NIREX

The following appear not to be covered in your programme:

- thermodynamic modelling in support of the chemistry work,
- measurements on real wastes.

* **SKB comment.** Thermodynamic modelling using the EQ3/6 code as well as a critical review of databases for selected fission products and actinides are in progress. Fuel leaching experiments are performed with real spent fuel.

SSI

Den kontinuerliga utvecklingen mot allt högre utbränning av kärnbränsle i reaktorerna leder till osäkerheter rörande de verkliga halterna av transuraner i det framtida använda bränslet. Även dåligt kända reaktions-tvårsnitt bidrar till denna osäkerhet. Det är därför viktigt att SKB i sitt FoU-program beaktar denna källtermsfråga.

* **SKB kommentar.** Med hänsyn till den stora osäkerhet i källtermen som föreligger på grund av osäkerheten i drifttid och framtida drifttillgänglighet har SKB bedömt att valideringar och ev revisioner av källtermsmodellerna inte behöver genomföras före andra halvan av 90-talet.

SKI

Inspektionen delar SKBs uppfattning att det ännu är för tidigt att uttala sig om bildningen av kolloider har någon avgörande betydelse. Samtidigt vill dock SKI framhålla detta fenomen som ett exempel på en process vars betydelse inte torde kunna värderas utan en mer fullständig beskrivning och analys av transporten i närområdet.

En annan fråga som var föremål för kommentarer i samband med inspektionens granskning av KBS-3 rör den andel av vissa nuklider som är tillgänglig för snabb utlakning. Detta gäller framför allt cesium-135 och jod-129, men även kol-14 och teknetium kan tänkas ha denna egenskap under vissa förutsättningar. I ett scenario

med tidigt kapselgenombrott eller med förhållandevis kort tidsintervall för genombrott av samtliga kapslar är ett sådant fenomen av potentiellt stor betydelse. SKB tar inte upp denna fråga explicit i sitt forskningsprogram, men SKI förutsätter att den ingår som en naturlig del av programmet.

...

Enligt inspektionens uppfattning bör man bedöma behovet av särskilda insatser för MOX-bränsle mot bakgrunden av de resultat som förväntas inom det nu presenterade programmet.

VTT

The plans for spent fuel studies cover studies on the fundamental mechanisms for dissolution of UO₂ fuel in pure groundwater systems. The investigations are stated to gradually be focused on more complex realistic repository systems. This is a good approach.

...

In order to be able to understand even the effect of pure groundwater on spent fuel dissolution, groundwaters with varying composition and salinity should be considered in the study. The next step could be to include bentonite in the study. The few studies performed so far on the bentonite/groundwater interaction has revealed the importance of including the effects of bentonite in the assessment of the chemical conditions in a repository. Strong effects have been reported for pH, carbonates, sodium and calcium. However, complementary studies on the bentonite groundwater interaction as a function of groundwater composition, temperature and bentonite/water ratio should be performed. More emphasis should also be put on the search for natural analogues in order to estimate the long-term stability of bentonite.

TAC

More details on proposed experiments for spent fuel studies are needed before a full judgment can be made as to the realism of their schedule. The studies on waste forms through the JSS Project are worth pursuing for their potential contribution to the fuel dissolution process.

...

Special emphasis is to be placed on the study of solubility and saturation effects, grain boundary attack, colloid formation, and oxidizing and reducing conditions. These important areas have been appropriately selected.

...

The proposals correctly identify the possible effects of radiolysis on fuel dissolution as an area of study requiring emphasis. Some of the possible types of experiments which will be used are indicated. It is likely that

additional techniques, e.g. electro-chemical, would assist in arriving at the further understanding of the processes involved.

...

The plan to carry out multi-component dissolution tests in spent fuel in 1990–1992 recognizes an important area. The projected examination of the JSS project results on multi-component dissolution tests on glasses is worth pursuing for its potential applicability to spent fuel dissolution.

IAEA

The Panel endorses SKB's emphasis on spent fuel since this will be the major, if not only, high level waste in Sweden. The programme has made considerable progress and full use has been made of international co-operation. In particular SKB is to be congratulated for taking the initiative in setting up the annual spent fuel workshops. Nevertheless, the Panel was concerned that the proposed level of effort on fuel characterization and fuel dissolution may not be adequate to meet the goal of making the choice of the overall disposal system in 1995. The programme of research proposed by SKB gives great attention to the leaching and dissolution of radioactivity from spent fuel, with particular emphasis on the kinetics of the leaching processes. It may be useful to complement these studies as soon as possible with integrated fuel/canister/backfill tests and measurements of equilibrium concentrations of radioactive species. The deferment to 1990 of these tests with fuel under simulated repository conditions should be reconsidered. Given that simple component tests have been in progress since 1977, leaving only five years for the "complex condition" tests seems unduly optimistic. Consequently the Panel recommends that the tests be initiated soon. The Panel supports the approach being taken towards the development of a fuel dissolution model based both on a detailed knowledge of the fuel character and the thermodynamic prediction of the solubilities of uranium and the other radionuclides. The use of natural analogues in building confidence in such models is also supported.

CEA

Programmet som förutses under de kommande tre åren har huvudsakligen experimentell karaktär, vilket vi anser motiverat med hänsyn till de svårigheter som skall övervinnas för att vi bättre skall förstå mekanismerna vid upplösning av uranoxiden och bestämning av resulterade ämnen.

OECD/NEA

Although the research programme deliberately emphasises R&D on spent fuel, the reviewers noted that there are also other wastes with long lived components that have to be disposed of in the SFL. The reviewers believe that a programme should also be outlined for the definition and characterization of these wastes. With respect to spent fuel, the R & D Programme is

state-of-the-art. The priority areas suggested by the reviewers (most of which are in agreement with SKB) for the future would be directed to detailed characterization of spent fuel (e.g. distribution of radionuclides among the gap inventory, grain boundaries and within the grains), understanding release mechanisms under realistic conditions representative of both the KBS-3 concept and alternatives, and the development of a predictive model(s) for the release of radionuclides from spent fuel.

2.4 KAPSEL

SKI

SKI delar SKBs inställning att en ingående inventering av alternativmaterial för kapsling bör göras innan slutligt val sker men anser att det i ett inledande skede kan vara lämpligt att studera två eller flera material inom de huvudalternativ som SKB anger, t ex att bland passiva material förutom titan också granska rostfritt stål. Den föreslagna tidsåtgången verkar tillräcklig för kopparundersökningarna men kan komma att visa sig något kort för alternativmaterialen om beslutsunderlag skall föreligga omkring år 1995.

CTH

Om vi i dag vill förhindra denna framtida möjlighet [att öppna förvaret för att ta hand om kopparmetallen] är det förtänksamt att byta kopparn mot en billigare (mindre värdefull) metall, som ändå tillfredsställer det 1000-åriga inneslutningsbehovet, dvs kolstål. Vi bör därför i Sverige öka vår insats på kapsling i kolstål.

KTH

Vi har svårt att förstå att endast kolstålsalternativet diskuteras i samband med konceptet med hydraulisk bur.

NFR

Insatserna på utvärdering av kapsling i kolstål bör ökas.

* **SKB kommentar.** Studier av kolstål som kapslingsmaterial har genomförts och pågår. En huvudriktning har varit att söka kvantifiera vätgasbildningen vid korrosion under reducerande förhållanden eftersom den skulle kunna omöjliggöra användningen av järn i förvaret.

KTH

I en nyligen publicerad artikel (Corrosion Science, 26 (1986) 173) har emellertid G. Hultquist redovisat resultat, från vilka han drar slutsatsen att även koppar kan korrodera under vätgasutveckling. Denna slutsats står uppenbarligen i strid mot allmänt accepterade termodynamiska data. Det bör vara en angelägen uppgift för SKB att analysera och förklara dessa nya och avvikande data.

Programmet för fortsatta studier av kopparkorrosionen bör alltså även inkludera denna punkt.

Sthlm Univ.

I detta sammanhang vill vi emellertid fästa uppmärksamheten på en undersökning om korrosion av koppar i vatten som nyligen publicerats av Gunnar Hultquist, Institutionen för fysikalisk kemi, KTH (Corrosion science, 26 (1986) 173).

* **SKB kommentar.** Rekommenderade undersökning har genomförts /Simpson, JP och Schenk, R; Corr Sci 27 (1987) 1365 samt Eriksen, TE, Ndalamba, P och Grenthe, I; SKB Technical Report TR 88-27/ och visar att koppar inte korroderar under vägasutveckling.

SKI

Under den kommande treårsperioden ämnar SKB utföra fördjupade studier av koppar som kapslingsmaterial med avseende på korrosion, förslutning och oförstörande provning. Enligt SKI är det viktigt att resultaten efter denna period utvärderas och att eventuella restpunkter identifieras.

...

Inspektionen vill framhålla vikten av att klarlägga hur kapsel- och buffertmaterial kan påverka varandra och vilken inverkan förhöjda temperaturer kan ha. SKI vill också peka på de svårigheter som är förknippade med att i en säkerhetsanalys belysa processer av stokastisk natur, såsom fördröjt brott.

...

Den tidsplan SKB föreslår kan anses tillräcklig för att erhålla underlag för koppar. För de alternativa materialen är det enligt SKIs uppfattning betydligt osäkkrare om tillräckligt beslutsunderlag kan erhållas till år 1995.

SSI

Strålskyddsinstitutet har i tidigare sammanhang pekat på svårigheterna att trovärdigt extrapolera koppar-kapslarnas korrosionsförlopp i förvarsmiljö.

...

SKBs analys av korroderande material som alternativ till passiva är i enlighet med den linje SSI anför vad gäller strålskyddet "kostnaderna för skyddande åtgärder skall stå i proportion till den dosreducering som dessa ger. Medger korroderande material, vilka är betydligt billigare än passiva material, fullgott skydd mot omgivningen kan svårigen passiva material krävas i avfallskapslarna.

...

I SKBs FoU plan framgår att forskningen rörande sammanfogning av kapsel och lock och oförstörande provning skall fortgå under perioden. SSI ser detta som värdefullt eftersom det är ett viktigt underlag som behövs för att fastställa detaljerade krav på kapslarnas integritet. Forskningen kan även bidra till den kunskaps-

grund som behövs för industriell produktion av avfallskapslar.

...

SSI, reservation av fru Hambræus

Enligt min åsikt bör forskningsprogrammet bli mycket mer handlingsinriktat. Det finns avfall som avklingat till den temperatur som man säger lämplig för slutlig inneslutning. SSI bör kräva att man bygger en demonstrationsanläggning där man i praktiken provar hur det går att innesluta högaktivt avfall i koppar, enligt förslagen i KBS-3.

NRPB

The emphasis seems to be placed upon the choice of a single material for use in canister construction. It may be worthwhile investigating if there are any possible benefits to be gained from multilayered canister construction, perhaps as a means for reducing the problem of localised sealed canister with a thin coating of an alternative media may also be of benefit for the above reasons, or perhaps as a means for remedying any welding faults.

VTT

The studies of localized corrosion and creep properties of pure copper should be performed as combined with the studies of manufacturing, welding and inspection, so that the weakest point in the encapsulation can be identified and evaluated. Additional studies on the archaeological objects in order to find evidence of the long term corrosion resistance, can be recommended also in case of alternative canister materials, e.g. iron.

...

Corrosion process of copper embedded in bentonite should be studied further. There are still gaps in understanding and modelling of the effects of corrosion products on the properties of the buffer and on the overall course of the process. The further transport of corrosion products around the canister and the potential partial displacement or tightening of buffer due to the volume expansion of corrosion products deserve additional studies.

...

From the passive materials pure titanium and Ti-12 has been chosen for further studies. There are several commercial grades of pure titanium on the market which differ from each other mainly in oxygen content. A specific grade or a more detailed specification of pure titanium should be specified in the programme.

...

The Swedish plans for the research of ceramics concentrates on the problem of delayed fracturing. However, the mechanical properties and delayed fracturing of ceramic materials depends strongly on the manufacturing method used. The size of ceramic canisters limits the manufacturing methods available and also the

NDT-methods which can be used for quality control. Therefore the study of delayed fracturing should be, at least to some extent, connected with the investigation of specified manufacturing technology, sealing and encapsulation techniques.

TAC

The research programmes on candidate canister materials are adequately stated and reasonably scheduled. Priority should be given to the corrosion studies on copper, and the canister sealing and inspection processes.

...

The practical grouping of potential canister materials is sensible, and the choice of a representative material from each category reflects careful evaluation of current knowledge. The research programmes for copper, carbon steel titanium and ceramics are adequately stated and reasonably scheduled. They show an emphasis on dealing with the major uncertainties associated with each of these materials. The time schedule indicates a priority allocation with which we agree, although corrosion studies on copper continuing beyond the time shown may well be required and should be included.

...

The primacy of the Swedish work on copper is well recognized and it is sound planning to proceed with the studies on closure techniques of copper containers. It is also recognized within the programme that improved R&D into the control of process parameters during the sealing of the canister and subsequent non-destructive testing are needed to assess and achieve a sufficiently low level of defects in the canister joints. In addition, exhaustive corrosion resistance studies of the cap weldment material are essential with respect to the assumption of the longevity of the canister.

IAEA

SKB propose that the 1987–1992 programme should complete the work on copper and should complement the research on a range of alternatives in other countries. Obviously the scope of this programme is very dependent on the scope of the research being conducted elsewhere which is not directly under SKB's control. The Panel supports this use of international cooperation and believes the programme is sufficiently flexible to respond to small changes of R&D programmes in other countries. However, all the information needed to make a decision in 1995 about a disposal system might not be available from non-Swedish sources and it is recommended that SKB develop a contingency plan to deal with this possibility.

...

SKB recognizes the difficulty in sealing thick copper and steel canisters and has commissioned appropriate

R&D. It is recommended that more effort be directed to assessment of manufacturing reliability and to predicting the incidence and implications of early failure of canisters due to incipient defects and that the results of these studies be factored into both the assessment required to direct the R&D and also in the overall assessment prior to choices between alternatives.

...

Ceramics do appear to have some advantages; it may well be worth giving higher priority to a careful comparative study, including manufacturing feasibility, cost, and reliability to complement the research proposed on delayed fracturing.

CEA

Beträffande kapslarna noteras att basalternativet fortfarande är ett material med mycket lång livslängd (koppar, eller som alternativ keramer). Emellertid indikeras att den minimala absoluta inneslutningstiden som krävs inte kommer att definieras förrän resultat erhållits från optimeringsstudierna, som förutses vara klara 1995. Den minimala inneslutningstiden kan variera mellan 1000 och 10000 år. Om den är i storleksordningen 1000 år är det tillräckligt att använda konventionella material (stål).

Denna attityd förefaller oss rimlig, i synnerhet som nedbrytningen av kapslarna kan kvantifieras under en period av 1 000 år, medan det alltid finns anledning till försiktighet när det gäller bedömningar för en period av 100 000 år.

NEA

[The reviewers noted] that should canister materials be considered with life times significantly lower than those in KBS-3, then, this could have an effect on the validity of assumptions made, or have implications for other parts of the disposal concept. This could lead to the need for additional R&D.

2.5 BUFFERT OCH ÅTERFYLLNING

CTH

Viss kritik har riktats mot att använda bentonit då detta material vid höga temperaturer undergår förändringar som minskar dess plastiska och jonbytande egenskaper. Ökade insatser för därför göras på studium av användning av bergkross som buffert och återfyllning.

Sthlm Univ.

Som fyllnadsmaterial omkring avfallskapslarna har allmänt som huvudalternativ valts lermineralet bentonit, ur gruppen montmorilloniter. Den har i och för sig goda egenskaper, men bör inte långsiktigt värmas till mer än 100°C om den skall behålla sin svällningsförmåga vid upptagning av vatten och därigenom verka som tätningemedel. Det har varit bra om något lämpligt,

termodynamiskt stabilt fyllnadsmaterial kunde tas upp för jämförande detaljstudier under forskningsperioden 1987–1992. Svensk expertis på området finns att tillgå vid Kärnkemiska institutionen, KTH.

NFR

Det har riktats kritik mot förslaget att använda bentonit som buffert och återfyllnadsmaterial eftersom bentoniten vid höga temperaturer kan undergå förändringar som försämrar dess plastiska och jonbrytande egenskaper. Detta bör studeras ytterligare och samtidigt bör mer omfattande studier göras av bergkross för detta ändamål. Därvid bör särskilt uppmärksammas malmer med lämpliga egenskaper för ökad retardation av eventuellt upplöst material, t ex sådana som innehåller mineral med tvåvärt järn (reducerande) eller bly (binder jod).

Gbg Univ.

Viss kritik har riktats mot att använda bentonit då detta material vid höga temperaturer undergår förändringar som minskar dess plastiska och jonbrytande egenskap. Ökade insatser bör därför göras på studium av användning av bergkross som buffert och återfyllning. I sådan bergkross kan man välja malmer med lämpliga kemiska egenskaper för ökad retardation av eventuellt utlöst material. Mineral av tvåvärt järn (reducerande) eller bly (binder jod) är exempel på eventuellt lämpliga typer av bergkrossen.

* **SKB kommentar.** Studier av temperaturens betydelse för bentonitens stabilitet och funktion är viktiga, de har varit en viktig del i nuvarande studier och kommer att fortsätta. SKB bedömer svällningsförmågan hos bentonit så viktig för buffertens funktion att icke svällande material endast kommer i fråga för inblandning.

Något lämpligt termodynamiskt stabilt fyllnadsmaterial som kan användas som buffertmaterial är inte känt. Möjligen har en sammanblandning skett mellan buffertmaterial och material för kapseltillverkning.

Möjligheter att tillsätta speciella sk getters till buffertmaterialet kommer att studeras under 90-talets första hälft.

Uppsala Univ.

Ett upphörande av barriärfunktionen hos någon enstaka eller flera komponenter i kedjan innebär inte nödvändigtvis att resultatet blir en otillåtet hög migration. Detta pekar mot nödvändigheten att söka uppskatta barriärfunktionen hos de olika komponenterna i probabilistiska termer. Huruvida detta är planerat eller ej framgår inte av forskningsprogrammet.

* **SKB kommentar.** Både probabilistiska analysmetoder och deterministiska variationsstudier utnyttjas inom SKB.

SNV

Gällande de tekniska anordningarna är det viktigt att bentonitens långtidsstabilitet undersöks. Här bör undersökningar i varierande geologiska miljöer kunna ge ledning.

SKI

SKB gör stora insatser för att utveckla kunskaperna om buffert- och återfyllnadsmaterial. Det föreslagna fortsatta programmet synes tillräckligt för ändamålet. Av särskilt intresse är det föreslagna alternativet att blanda in tillsatsmaterial för kemisk konditionering av bufferten.

...

Inom SKB har arbetet på detta område hittills koncentrerats på smektiska leror av bentonittyp eventuellt med kvartssand som tillsatsmaterial. Enligt inspektionens uppfattning ligger SKBs insatser inom området långt framme även sett från internationell synpunkt. Inom Stripa-projektet har således uppnåtts viktiga resultat i internationellt samarbete genom försök med bentonit i stor skala.

Val av material för fortsatta studier tänker sig SKB ske utifrån uppställda kriterier för en rad viktiga faktorer såsom hydraulisk konduktivitet, jondiffusivitet och kemisk och mekanisk stabilitet. Inspektionen anser dock att formulering av kriterier på ett relativt tidigt stadium inte nödvändigtvis leder fram till den ur alla avseenden bästa lösningen om förvarssystemet ses som en helhet. SKB har också garderat sig på denna punkt genom att ange att kriterierna kommer att sättas med vida ramar.

SKB nämner användning av tillsatsmaterial för kemisk konditionering som en alternativ metod för utformning av lerbuffertar, t ex inblandning av mineral med tvåvärt järn. Av FoU-programmet framgår att stabiliteten hos sådana materialkombinationer måste säkerställas. Inspektionen vill framhålla att motsvarande insatser också är nödvändiga i samband med val av alternativa kapslingsmaterial, inte minst kolstål, samt i det fall man överväger att tillåta högre temperaturer i bufferten.

SSI

I samband med granskning av KBS-3 remissen angav SSI att kunskapen om bentonits beteende vid högre temperaturer (omvandlas till illit) inte var helt tillfredsställande. I SKBs forskningsplan anges att man avser att bl a undersöka buffertmaterialens egenskaper. Sammantaget med den övriga FoU-verksamheten rörande buffert och återfyllnadsmaterial är de påpekanden SSI tidigare har anfört beaktade i det nu redovisade programmet.

VTT

[. . .] it would be desirable – besides natural analogue studies – to conduct long term tests on the mineralogical and thermochemical stability of backfill materials.

The present planning period of the R&D programme might be too short a time for that.

TAC

The criteria and requirements for evaluation of different candidate buffer materials have been categorized in a suitably broad framework. The investigations planned are only presented in general outline. Our view that the question of long-term chemical stability is of great importance, especially with regard to temperature, is substantiated by the programme's recognition of the need to gain a better understanding of the time and temperature dependence of the process of illitization of bentonite. We agree with the plans to carry out a range temperature-related studies, including improved modelling, and to study the effect of chemical additives.

CEA

Den maximala temperatur som betraktats vid studier av leror som buffert och återfyllningsmaterial är 80°C i basalalternativet. Denna temperatur förefaller låg och kräver en föregående mycket långvarig avkylning (räcker 40 år?), ett mycket vidsträckt förvar samt artificiella och naturliga material som är mycket goda värmeledare. Det noteras att alternativa system inkluderar högre temperaturer.

NEA

In particular, with respect to temperature, the reviewers considered that the implications of using different conceptual design such as the WP-Cave concept should be clarified.

* **SKB kommentar.** De högre temperaturernas betydelse i WP-Cave konceptet har diskuterats och rapporterats i SKB Technical Report TR 89-20.

SKI

I programmet ingår också utveckling av modeller som beskriver processer av betydelse i samband med och efter deponering. Inspektionen förutsätter att denna utveckling sker i nära samarbete mellan de olika grupper som studerar olika delområden, t ex mekaniska egenskaper, migration av radionuklider och kemisk stabilitet. Det skulle vara värdefullt om alla dessa faktorer kunde sammanfattas i ett gemensamt modellsystem, så att buffertens barriärfunktion kunde utvärderas med hänsyn till tänkbara förändringar i materialets egenskaper på lång sikt.

Som kärnkraftinspektionen redan inledningsvis påpekat är SKBs insatser för att utveckla buffert- och återfyllnadsmaterial på hög nivå. Kärnkraftinspektionen anser att SKBs program på detta område innehållsmässigt är tillräckligt, men ställer sig mera tveksam till om de högt satta målen skall kunna uppnås inom den angivna tidsramen.

NFR

Ytterligare ett område som bör nämnas explicit är ytadsorptionsstudier av radionuklider. Genom modern spektroskopisk metodik bör det vara möjligt att studera hur olika komplex av radionuklider (pH och Eh-beroende) adsorberas med olika styrka till olika mineral. Detta forskningsområde är av stor betydelse vid val av fyllnadsmaterial.

VTT

Various parameters, for example the density of the buffer, the chemical composition of the water, the size and the charge of the diffusing species, should be modified in the experiments in order to study the transport mechanism in different kinds of buffers. Combined buffers, where the favourable properties of different materials are exploited, should also be studied.

...

The measurement of the parameters for rheological models for backfill materials may [...] also require a time longer. Furthermore mineralogical stability should be added to the list in [...] of the R&D programme.

IAEA

The Panel recommends that the programme to determine the long term chemical and mechanical stability of bentonite be given highest priority. The effects of gas generation by radiolysis and corrosion of metallic containers on the long term effectiveness of the buffer-backfill seal also need to be addressed and should be added to the research programme.

...

In the consideration of alternatives to the KBS-3 concept, for example those which involve substantially higher temperatures, it is recommended that the possible changes in the backfill/buffer and interactions with the other repository materials be assessed with high priority.

...

Quality assurance and control of buffer and backfill materials and their emplacement will need careful attention. Related research may need to be given higher priority in the early 1990s.

NIREX

Your work on barriers (bentonite etc) has clearly evolved from KBS-3. We are pleased to see that you are now considering cement/concrete. As well as its structural properties, it has very useful chemical properties, and will form a major part of any UK repository.

TAC

Long-term observations of buffer behaviour and stability and its interaction with canister and rock will

be required. Injection grouting of rock fractures is an area for priority attention, and problems of borehole and shaft sealing require more attention with a well-defined programme.

...

There is recognition of the very close linkage that is required between material properties and alternative placement designs and procedures. Experience from the Stripa experiments indicates that the method and equipment for the compacting of the backfill nearest the roof in the tunnels must be further developed in order to achieve a more watertight and less compressive backfill. Such engineering backfill research can be performed in an underground research laboratory. At this stage of knowledge we consider that the proposed 1987-1992 research programme is quite comprehensive and covers the most essential problems related to the buffer and backfill selection and deposition. As for buffer behaviour and stability for very long time periods, the experience and knowledge gained during the next six years will almost certainly be insufficient. This concerns especially the general rheological behaviour affecting the whole range of container-buffer-rock interactions. Thus, long-term observations in the planned under-ground laboratory will be of great importance.

...

Further, there needs to be a more specific research programme addressed to the problems of borehole and shaft sealing. These aspects are mentioned but not delineated satisfactorily, nor given the attention we consider they deserve irrespective of what general scheme of alternatives is presented.

CEA

I denna fråga noteras att FoU-strategin beträffande tekniken för applicering av lera i den tekniska barriären inte är tillräckligt utförligt redovisad vad gäller barriärens uppträdande med tiden och kvaliteten på utfö-

randet. Speciellt viktigt är det att en betydande insats görs i form av försök i stor skala för verifiering av prestanda hos tekniken att täta kvarstående hålrum.

Det bör noteras att studier förutses beträffande effekten av tryck på leran efter förslutning (modellstudier avseende komplext uppträdande).

* **SKB kommentar.** Storskaliga försök rörande buffermaterialets svällning under realistiska förhållanden har genomförts inom Stripaprojektet. Försök med tätningar av spricksystem i berg pågår.

NEA

The reviewers agreed with the high priority and the continued emphasis on smectite-rich buffer materials. However, the level of detail provided in the report does not reflect this priority. The reviewers considered that there are still open questions (as pointed out in the reviews of KBS-3) with respect to:

- (a) mechanisms for water uptake by bentonite;
- (b) long term creep rates (rheological properties);
- (c) erosion resistance effects; and
- (e) gas transfer.

The document does not clearly present how these questions will be addressed in the R & D programme.

...

In addition, the influence of additives (e.g. "getters") and corrosion products (for steel alternatives) was highlighted as an area that will require consideration. Finally, alternative buffer and sealing materials should be examined for comparison with the performance of bentonite.

* **SKB kommentar.** Both erosion resistance and creep properties have been investigated during the last 3 year period (SKB Technical Report 87-09 and 86-23). Investigations regarding gas transfer has been made for SFR and reported in SFR 87-06.

3 GEOVETENSKAP

Sthlm Univ.

Forskningsprogrammet är till alla delar vettigt och bygger på modernaste state of art. Delprojekten är geologiskt utförbara och torde komma att leda till avsedda, ökade insikter. Tonvikten på kvantifiering av olika förutsättningar är väsentlig för programmets framgång.

Gbg Univ.

Enligt vår bedömning är det inte möjligt att inom över-skådlig framtid uppnå den kunskapsnivå som enligt FoU programmet "är av väsentlig betydelse".

SSI

Institutets slutsats är att de kunskapsluckor som institutet bedömer som väsentliga har täckts i geosfärsdelen i programmet.

BGS

The SKB (Swedish Nuclear Fuel Management Co.) research programme for 1987-92 for 'Geoscience' and 'Chemistry' has been reviewed. The programme is regarded as well planned, thorough and abreast, if not ahead, of developments of other national research programmes.

...

The Geoscience programme is a very extensive, ambitious research project with clearly defined aims. The large number of experiments planned for the period 1987-1992, if successful, should assist the attainment of these goals considerably.

TAC

The geoscientific studies are comprehensively presented and the individual programmes well planned.

...

The overall goals of the geoscientific research are set clearly and appropriately in the context of the total disposal concept. They emphasize the collection of data adequate for site selection and repository design, as well as the need to define and solve all geoscientific problems vital to the safety analysis.

IAEA

The SKB R&D programme on geoscience gives a good and comprehensive overview on the status of work and the planned activities for an underground repository for nuclear waste.

3.1 BERGETS GRUNDVATTENRÖRELSER

KVA

Det hade varit önskvärt, att större uppmärksamhet riktats mot diffusion i fast, kristallinisk berggrund.

* **SKB kommentar.** Jämfört med den migration som sker med vattentransport i bergets spricksystem och diffusionen i stagnant vatten i bergets porer torde diffusionen i de fasta kristallerna vara insignifikant.

KASAM

I det geovetenskapliga programmet saknas utrymme för systematiska undersökningar av berggrunden på större djup än 1000 m, framför allt med hänsyn till vattenförande sprickzoner. Vid borrhningarna i Klipperås påträffades en sådan subhorisontal sprickzon på 800 meters djup. Den befanns dessutom vara en inströmningszon för grundvatten. Det vore välbetänkt att i sydöstra Sverige ta upp djupa borrhål på tre ställen; ett på småländska höglandet, ett i en punkt på östkusten och ett ungefär mitt emellan dessa. Man är i dag tämligen ovisst över hur s k subhorisontala sprickzoner är fördelade på större djup än 1000 meter, en information av säkerligen utomordentligt värde vid valet av slutförvarssystem och djup.

* **SKB kommentar.** Undersökningar ner till 1000 m djup görs numera på alla platser som undersöks. Viss sammanställning av karakteristika för djupare berggrund görs i samband med de pågående djuphålsstudierna.

SKB 91 och berglaboratoriet kommer tillsammans med platsspecifika data att ge underlag för en bedömning av till vilket djup borrhningen skall drivas vid detaljundersökningsplatserna.

Lunds Univ.

I det geologiska programmet är undersökningarna av sprickbildning och grundvattenrörelser särskilt viktiga. Båda dessa aspekter synes väl tillgodosedda i det nu föreliggande förslaget.

NFR

Det bör framhållas att de resultat som erhållits vid gasborrningarna i granit vid Siljan påvisat stora spricksystem på flera km djup.

...

I samband med en istid kommer grundvattennivåerna att ändras kraftigt, bl a via stora fluktuationer i världshavens vattenyta. I den geohydrologiska modellutvecklingen måste förutom normala klimatologiska variationer även dessa vattennivåförändringar ingå som viktiga parametrar.

* **SKB kommentar.** En sammanställning av kunskapen om hur istiden kan påverka ett förvar tas för närvarande fram i samarbete med TVO, Finland. Ett istidsscenario kommer att behandlas i säkerhetsanalysen SKB 91.

SNV

Vissa alternativ har ändå inte beaktats. Det gäller t ex verifiering av de mycket komplicerade grundvattenströmningsmodeller och kemiska modeller. I vissa fall är det fullt möjligt att de vare sig går att verifiera eller förkasta. Hur man då förfar framgår inte av programmet.

...

Grundvattenströmningsmodellerna bör verifieras. Detta kommer att kräva stora fältinsatser och även utveckling av nya tekniker för spårning av vattenströmmar.

* **SKB kommentar.** SKB använder begreppet verifierad i betydelsen att den matematiska modellen löser de numeriska problemen på ett korrekt sätt, validerad att modellens resultat överensstämmer med verkligheten. Vi förutsätter att granskaren i detta fall diskuterar begreppet validitet.

Eftersom direkta experiment som påvisar slutförvarets långsiktiga säkerhet endast sällan är möjliga, kan validiteten för en modell av en viktig process ofta bara visas genom ett flertal validitetsexperiment i olika parameterområden. Modellens validitet i olika delar av parameterutrymmet måste därefter överföras till en bedömning av modellens validitet under de aktuella förhållandena. På grund av osäkerheterna vid denna överföring av validitet kan begreppet "valid" sällan användas i absolut bemärkelse. En modell kan således enbart sägas vara mer eller mindre valid med en, i bästa fall, kvantifierad osäkerhet knuten till validitetsnivån. Eftersom förvarets säkerhet samtidigt är olika känslig för utfallet av olika processer kommer också kravet på tillräcklig validitet att vara olika för olika modeller.

Skulle modellen för en process vara behäftad med svårkvantifierbara osäkerheter (om t ex tillämpligheten av en modell i sin helhet är tveksam) kan maximerande metoder användas. Antingen för att begränsa osäkerheterna i modellen, eller för att på ett för säkerheten pessimistiskt sätt förenkla modellen för att maximera processens ogynnsamma effekter.

Stora insatser genomförs inom ramen för Stripa-projektet och det underjordiska berglaboratoriet. Ett flertal försök ingår även som testfall i INTRAVAL.

SKI

En tillförlitlig beskrivning av grundvattenrörelserna i ett slutförvarsområde är en nödvändig förutsättning för att förvarets säkerhet skall kunna utvärderas. Insamling av fältdata görs för kartläggning av bergsprickor och strömningsegenskaper hos en bergmassa. Dessa data används också för den matematiska modellering som blivit ett mycket viktigt redskap för förståelsen av ett förvarsområdes hydrauliska egenskaper. Inspektionen vill särskilt understryka det nära sambandet mellan modellutveckling och datainsamling. Ett utnyttjande av kunskaperna från SFR och från internationella studier såväl i Sverige som utomlands framstår som nödvändigt i detta sammanhang.

Enligt inspektionens uppfattning behövs en kraftfull och målmedveten satsning för utveckling och tillämpning av olika geohydrologiska metoder och modeller i och med att SKB ämnar använda dem vid val av platser för detaljundersökningar. Inspektionen förutsätter att SKB planerar för de relativt stora insatser som kommer att behövas, även om detta inte helt klart framgår av FoU-programmet.

SKI, reservation av hr Olsson

SKI påpekar att det inte klart framgår av FoU-programmet om forskningsinsatserna på detta område kommer att bli tillräckliga. Jag anser det oriktigt att inspektionen förutsätter en forskning och utveckling som inte är angiven i programmet. Enligt lagen skall den forskning och utveckling som behövs vara angiven i SKBs program.

SKI

Användbarheten hos olika modellkoncept i lokal och regional skala bestäms i hög grad av i vilken utsträckning data har kunnat insamlas. Inspektionen ser det som en väsentlig punkt att det nära sambandet mellan modellutveckling och datainsamling beaktas.

...

I samband med inspektionens granskning av KBS-3 identifierades ett antal problem inom det geovetenskapliga området som borde utredas vidare. I SKBs redovisning av kunskapsläget inom området berörs många av dessa frågor. SKB anger exempelvis behov av ett förbättrat underlag för bedömning av flödesvägar, geometri i bergmassan, metoder att mäta hydrauliska konduktiviteter och bilda medelvärden av dessa samt interferenstester. SKB ser det vidare som angeläget att ta fram en ökad datamängd och förfinad undersökningsmetodik för att i kommande säkerhetsanalyser kunna kvantifiera sprickzonernas transportegenskaper. Dessutom erfordras kompletterande undersökningar och förnyad utvärdering av utförda typområdesundersökningar. För att uppnå målen i sitt FoU-program ämnar SKB förutom på egna projekt inom landet satsa på internationella samarbetsprojekt.

Inspektionen anser att de ovan angivna forskningsområdena är viktiga och att de kräver fortsatta arbets-

insatser. De resultat som tas fram inom internationella samarbetsprojekt såsom URL, Stripa och HYDROCOIN kan vara utomordentligt värdefulla om de följs upp och sedan appliceras på svenska förhållanden, exempelvis vid planeringen av ett underjordiskt berglaboratorium.

...

Som SKB påpekar har de hydrologiska modeller som hittills använts beskrivit bergmassa och sprickzoner som porösa media med olika egenskaper. SKB konstaterar att denna typ av modell har varit tillräckligt noggrann för säkerhetsanalysen i KBS-3 men anser att en större realism kräver mer detaljerade modeller. SKB arbetar nu med alternativa modeller som nätverksmodeller och kanalströmningsmodeller.

SKI vill för sin del påpeka att behovet av dessa nya modellutvecklingar i första hand beror på osäkerheter om olika konceptuella (begreppsmässiga) modellers tillämpbarhet i slutförvarsberäkningar. Med tanke på områdets betydelse är det angeläget att hög prioritet ges åt utveckling av nya konceptuella modeller och valideringsinsatser redan i ett tidigt skede så att de olika modellernas plats i säkerhetsanalysen kan klarläggas.

NIREX

You have been fortunate in being able to acquire extensive field data from drilling on 14 sites, and from STRIPA, but there is no evidence of its application to safety problems. We wonder about the hydrogeological studies which have been carried out, and the theoretical treatment (modelling), particularly taking heat into account. You appear to still be using permeable media models for flow in fractured rock, whereas we have recognised the need for fracture flow models. These UK models are being validated at STRIPA under HYDROCOIN.

VTT

For the safety of nuclear waste disposal the transport of radionuclides along with groundwater flow is of central importance. Against that background the R&D programme could be more ambitious in this respect.

...

Whether the application of the porous medium approach in the near-field leads to conservative overall results for the total release rates of radionuclides into the far-field geosphere, should be checked with careful comparison to the alternative approach – i.e. network models.

IAEA

Groundwater flow in fracture networks in bedrock is often confined to channels. Such channels appear not only on fracture planes but also along crossing lines of fractures forming a very complex hydraulic system. Before developing available hydraulic models any further,

the basic understanding of water transport in bedrock and in fractures has to be substantially improved. The proposed research on flow distribution in individual fractures could be given higher priority.

NEA

The development of methods for detecting flow distribution in individual fractures is of interest for improving understanding of solute transport in groundwater in crystalline rock. The R & D programme appears, however, to be overly optimistic on the potential application of the results of this research. The reviewers pointed out that the ability to determine the precise channelling of flow in a single fracture is not of high priority in modelling transport for larger volumes because the solute transport models use bulk parameters derived by averaging the data.

* **SKB kommentar.** SKB betraktar vidareutveckling och validering av modeller för grundvattenströmning som en av sina viktigaste uppgifter. Kraftfulla insatser genomförs för att utveckla och utnyttja tekniken för spår försök. Omfattande valideringsförsök pågår i Stripa och kommer att genomföras vid Berglaboratoriet. En speciell Task Force har inrättats inom Stripa projektet för att erhålla en rejäl koppling mellan datainsamling och modellering.

SKB is not convinced that bulk parameters derived by averaging data will be sufficient for modelling ground water flow and transport of solutes over large volumes in case of a strong channelling.

SKI

SKB driver ett projekt i Finnsjön för att utveckla metoder för lokalisering och karakterisering av sprickzoner samt för att ta fram data för geologiska, hydrauliska och geokemiska förhållanden i zonerna. Finnsjöprojektet skall åtföljas av en liknande studie på Ävrö. Studierna är i stort sett inriktade på att testa modeller som kan förutsäga sprickzonernas transportegenskaper. Inspektionen saknar dock i programmet en mera utförlig geokemisk undersökning av grundvattensammansättningen, en ingående utredning av mineralogi och petrologi i omgivande bergmassa samt en mera detaljerad tektonisk analys av zonen i Finnsjön. Resultat från dessa undersökningar är nödvändiga vid en utvärdering av studien, speciellt som SKB även ämnar studera radionuklidens fördröjning i sprickzoner.

* **SKB kommentar.** Omfattande insatser har gjorts för karakterisering av grundvattenkemi och geologi m m i sprickzonsprojektet /SKB Technical Report TR 89-19/.

SKI

Inspektionen vill påpeka den osäkerhet som framkom vid KBS-3-granskningen om utspädning i brunnar av de radionuklider som transporteras genom berget från ett förvar. Den sk utspädningsfaktorn som SKB använ-

de i KBS-3 kritiserades av flera remiss- och granskningsorgan som icke-konservativ. I FoU-programmets biosfärsavsnitt har SKB uppmärksammat utspädningsfaktorn. Det sågs att olika modeller för beräkning av utspädningen skall studeras i samband med dels sprickzonsstudier och dels utbyggnaden av det underjordiska berglaboratoriet. Inspektionen vill understryka betydelsen av dessa studier eftersom en förbättrad analys av utspädningsfaktorn kan reducera osäkerheten i säkerhetsanalysen.

* **SKB kommentar.** Efter det att tillämpbarheten av olika konceptuella modeller för grundvatten-transport studerats och jämförts kommer också konsekvenserna av deras tillämpning på brunns-scenariot att utvärderas.

SSI

Modeller för att beskriva grundvattenrörelser har under en längre tid utvecklats i SKBs regi. Detta arbete avses att fortsättas under perioden och SSI ser med tillfredsställelse på att ansträngningarna att, så långt detta är möjligt, validera modellerna.

TAC

We recommend the proposal to consolidate and review the state of knowledge of the hydrogeology of rock systems beginning in 1988.

...

The SKB hydrogeology research programme is well conceived and planned for systematic execution.

...

We give emphatic support to the plan to conduct a "summing-up process", beginning in 1988, which will review the state of knowledge of the hydrogeology of rock systems. Although the stated objective is to develop a validation strategy for the underground research laboratory, such a review will be most valuable for establishing new priorities in and optimization of the total hydrogeological effort.

NIREX

[You appear not to have] covered, in your program, the problems which gases may cause.

IAEA

The existence or production of gas in an underground repository for spent fuel elements has to be taken into consideration and groundwater flow models must provide the possibility to calculate 2-phase flow in the fracture system. Other effects in the repository, such as stress and temperature gradients, also have been taken into account. Very little is included in the programme about modelling such coupled processes. It is recommended that such processes be investigated in the underground laboratory.

* **SKB comment.** Codes for gas transport have been used in the SFR safety analysis, SKB Technical

Report TR 87-18 and 19. Coupled processes are part of the HRL-program.

IAEA

The Panel members agreed with SKB that [ground water movements in rock] is of crucial importance for the safety of a radioactive waste repository in hard rock formations. It was also agreed that in order to perform successfully a safety analysis, further essential development work has to be carried out on:

- groundwater flow modelling
- testing methods for locating and characterizing water-bearing fractures
- broadening and verifying the data base
- validation of model calculations.

...

The development of the necessary hydrogeological models should go hand in hand with development and application of advanced hydrogeological testing methods. As stated in the reports, a large portion of this work is being conducted in international programmes. SKB may need to consider whether this effort is sufficient or whether such studies should be intensified on a national level in order to develop a national expertise needed for the future site investigations.

...

Hydrogeological and geochemical measurements in the SFR will not only supply data on the water potential of a bigger rock mass and the flow distribution/changes in a fracture system but will also provide a set of valuable hydrochemical data. These investigations supplement effectively the rest of the programme. The SFR facility provides a unique opportunity to study the long-term hydraulic effects of a large underground construction on the surrounding rock mass under defined conditions.

* **SKB comment.** The data collected at SFR will e.g. be used in variation evaluations in SKB 91.

VTT

Besides the topographic gradients, other potential fields causing water movement (e.g. geothermal source) should be quantitatively analyzed to judge whether these other driving forces could significantly affect the groundwater flow at the depth corresponding to the planned repository level.

BGS

Participation in the international projects will clearly help to provide models which could be used within SKB's research projects. However considerable effort may be needed to develop and apply these models for use at specific sites. The fracture zone studies aim to make detailed hydrogeological descriptions of particular fracture zones. In view of the increasing evidence of the channelled nature of water flow in fractures, particularly from the Stripa Project, more emphasis within

these projects might be placed upon determining the importance and scale of channels. Validation of the models is one of the major areas of the Geoscience programme, but it is not clear exactly how the evaluation of the model predictions is to be carried out.

CEA

Den "geodatabas" som sammanställs kommer att vara mycket användbar, speciellt för att dra nytta av de omfattande svenska erfarenheterna vad gäller kristallin miljö. Utnyttjandet av denna databas, speciellt i samband med modellkonstruktion, preciseras inte. Emellertid samlas på detta sätt en maximal mängd information utan att man föregriper den framtida användningen, vilket stämmer överens med den allmänna strategin.

...

Erfarenheter som kan dras från bergarbeten under jord för mellanlagret CLAB och förvaret i Forsmark kan bättre integreras i FoU-programmet avseende förvaret för högaktivt avfall. De resultat som erhållits och de observationer som gjorts kompletterar, vad gäller anläggningsmetoder, undersökningar och kunskaper om miljön, programmet för forskning och utveckling i egentlig mening.

NEA

The reviewers considered that SKB is a leader in the development of equipment and methods for the investigation of hydrologic conditions in small diameter boreholes. SKB is also making state-of-the-art contributions with respect to (a) detection of fractures in boreholes by geophysical surveys, e.g. radar and seismic; (b) hydrogeologic testing of packer-isolated intervals in open boreholes; (c) development of tracer testing methods; and (d) the application of hydrogeological modelling.

The reviewers recognised that an extensive amount of field data is available from: (a) the 14 study sites; (b) the SFR; and (c) the Stripa Project. They recommended that full use be made of all the available data from groundwater fracture flow studies in summing-up the studies of groundwater movement in 1988. In particular, it was not obvious that fullest use was being made of the opportunity provided by the SFR construction to collect and utilise all hydrological data.

The reviewers also recommended that localized hydrological studies be extended to the regional scale as part of the supplementary site selection studies.

3.2 BERGETS STABILITET I ETT LÅNGTIDSPERSPEKTIV

CTH

Ett annat geologiskt FoU-område som bör vidgas inom den kommande FoU-perioden är det som gäller berg-

grundens strukturer. Det är i detta sammanhang viktigt att vi får ett om möjligt någorlunda acceptabelt historiskt perspektiv på berggrundssprickornas ålder och system i den prekambrika berggrunden. Undersökningarna av dessa frågor i Lansjärv är föredömliga, men sådana bör också genomföras inom betydligt större områden av landet. Detta kan ge bättre prognosunderlag för ev framtida strukturförändringar i berggrunden.

Sthlm Univ.

Beträffande sprickzonerna, deras utveckling (inklusive uppkomst av nya sprickor) och vattenföring, och grundvattnets växelverkan med berggrunden längs sprickorna (t ex förstöring och nybildning av mineral) är realistiska experiment vanskliga att genomföra; i synnerhet gäller detta det nödvändiga hänsynstagandet till tidsfaktorn (man kan inte låta några tusen år gå under ett laboratoricexperiment). För att få jämförelsematerial borde man därför sätta in ett forskningsprojekt med adekvata resurser att undersöka den historiska utvecklingen av sprickzoner i olika miljö sedan den senaste istiden.

Uppsala Univ.

Målet måste vara att identifiera och avgränsa små obrutna bergsmassiv, som ungefär likt körsbärskärnor ligger inbäddade i en omgivning av svagare bergarter. Ett sätt att närma sig problemet med att fastställa potentiella "körsbärskärnors" dimensioner och sundhet kan vara att med hjälp av resonansteknik söka kartlägga de signaler de ger ifrån sig. Vi rekommenderar att man söker utveckla en sådan teknik under de närmaste åren.

NFR

Över huvud taget är studier av tektoniska rörelser i jordskorpan, inte minst neotektonik, en viktig del av ett forskningsprogram med målsättningen att åstadkomma ett säkert slutförvar.

* **SKB kommentar.** SKB har ökat insatserna på detta område bl a i Lansjärv, i Finnsjön och i Simpevarpsområdet.

SKI

SKB kommer att göra en fördjupad analys av de geologiska processer som kan inverka på ett slutförvar. Som ett led i detta arbete ämnar SKB dels utföra en sk konsekvensanalys och dels studera geodynamiska processer. För konsekvensanalysen görs sammanställningar och utvärderingar av erfarenheter från jordskalv i existerande underjordsanläggningar. Vidare upprättas modeller över bergmassan och inverkan av jordskalv, nedisning och landhöjning studeras. Syftet med konsekvensanalysen är bl a att den skall ge vägledning om med vilken noggrannhet framtida scenarier måste beskrivas. Inspektionen vill understryka att en sådan analys kräver att valda modeller är verifierade och va-

liderade och att ingångsdata är tillräckliga. Inspektionen ser därför SKBs förslag som ett första steg i en mera långsiktig process för förbättring av använda modeller. Inspektionen vill i detta sammanhang också peka på vikten av att utreda såväl relativt kortsiktiga geologiska förändringar, t ex klimatförändringar, som mera långsiktiga förändringar.

Som en del av programmet rörande geodynamiska processer avser SKB att göra neotektoniska studier av Lansjärvsförkastningen. SKB hoppas att studierna skall leda till resultat som kan användas vid analys av andra områden i Sverige. För att detta skall vara möjligt bör man enligt SKIs uppfattning kunna förklara de mekanismer som har orsakat de språnghöjder som nu kan ses. Samtidigt behövs också en god kunskap om de storskaliga regionala förhållandena vilka bör beaktas vid val av plats för ett slutförvar.

...

SKB planerar en fördjupad analys av den inverkan som geologiska processer kan ha på ett slutförvar. Dessa processer omfattar effekter av jordskalv, istider och neotektonik som kan leda till nybildning av sprickor. Kan belastningsförändringar eller bergblockrörelser på ett avgörande sätt förändra den geohydrologiska situationen runt ett förvar? Inspektionens åsikt är att detta är väsentliga frågor att behandla, speciellt viktigt är att utreda hur de geohydrologiska parametrarna varierar i ett långtidsperspektiv men även under kortare tidsperioder i samband med exempelvis klimatförändringar.

...

Av programmet framgår att SKB dels ämnar göra en konsekvensanalys och dels behandla geodynamiska processer. Det verkar naturligt att en konsekvensanalys kan effektivisera arbetet med det förutsätter att valda modeller är verifierade och validerade och att ingångsdata är adekvata. Inspektionen ser SKBs förslag som en första etapp i en process, där modellerna successivt förbättras beroende på exempelvis utökade och bättre ingångsdata. Resultaten kommer att få stor betydelse i det säkerhetsanalytiska arbetet. Inspektionen ser särskilt fram mot resultatet av den validering SKB ämnar göra av de föreslagna numeriska modellerna.

...

Inspektionen kan i dag inte ta ställning till om den seismotektoniska syntes SKB avser att utföra kommer att vara tillfyllest inför lokaliseringen av det slutliga förvaret. Detaljerna i detta program är ännu så länge alltför översiktliga. Det är också svårt att bedöma momenten strukturgeologiska kartor och analys av stora jordskalv i Baltiska skölden på basis av de upplysningar som ges i FoU-programmet. Målen som är satta av SKB är väsentliga men först vid redovisningarna av dessa projekt i slutet av år 1988 kommer det att visa sig om de föreslagna studierna är tillräckliga.

Inspektionen har i tidigare sammanhang efterlyst ytterligare forskning kring neotektoniska fenomen i Sverige. SKB ämnar nu utföra neotektoniska studier av Lansjärvsförkastningen. Om studierna som SKB föreslår skall leda till resultat som kan användas vid analys av andra områden i Sverige, bör målet enligt SKI vara att förklara de mekanismer som har orsakat de i dag observerbara språnghöjderna. Omfattningen av eventuella yngre sprickbildningar kan inte klarläggas med mindre en undersökningsmetodik tas fram som gör det möjligt att identifiera neotektoniska fenomen även inom områden som inte uppvisar så tydliga spår som i Lansjärv. Inspektionen ställer sig något tveksam till om de föreslagna seismiska registreringarna i Lansjärv och i sydöstra Sverige under en tvåårsperiod klarlägger omfattningen av eventuellt pågående rörelser. Förmodligen behövs fortsatta registreringar för att få statistiskt meningsfulla data.

För att de ovannämnda studierna skall kunna utnyttjas till fullo behövs enligt SKI även en god kunskap om de storskaliga regionala förhållandena. Regionala faktorer, som även inkluderar djupanomalier i jordskorpan, kan eventuellt påverka och styra framtida strukturella och hydrologiska förändringar. De bör sålunda vägas in vid val av plats för ett slutförvar.

SSI

Institutet har som en arbetshypotes framfört tanken på att det kan vara lämpligt att ett slutförvar för använt kärnbränsle håller tätt mot biosfären fram till nästa istid. Det är därför av intresse, vad gäller omgivningskonsekvenser för tidsperioden efter denna, att SKB avser att söka höja kunskapsläget vad gäller effekter på ett avfallslager orsakade av nedisningar och landhöjningar.

KASAM

I tidsplanen för undersökning av bergets stabilitet ingår som ytterligare tänkbar aktivitet inverkan av landhöjning och istider på grundvattenströmning. En kunskapsöversikt på detta område vore värdefull och skulle undanröja en del felaktiga föreställningar om bl a geohydrologin under istider.

CEA

Studier beträffande nedisningsfenomen förutses inte för närvarande. Dessa skulle emellertid kunna påverka valet av plats.

* **SKB kommentar.** En inledande översikt av hur istiderna inverkar på ett förvar håller på att sammanställas i samarbete med TVO Finland. I anslutning till SKB 91 kommer olika scenarier att behandlas. I samband med detta kommer SKB att utvärdera hur långt det är möjligt att med aktuell kunskap kvantifiera istidseffekterna.

IAEA

The different tasks listed are adequate and present the state-of-art in this field.

Great emphasis is placed on research on long-term tectonic stability of rock. It will be equally important to look into the possible impact of neotectonics on the hydraulic regime in bedrock and the hydraulic conductivity of fracture systems. Such effects may also result from climatic changes and subsequent glaciation.

VTT

The effects of geodynamical processes (earthquakes, neotectonics) on engineered barriers should also be studied. Evaluation of the significance of these processes calls for probabilistic assessment.

Assessment of the impacts and the significance of geodynamical processes could be enhanced by means of:

Continuing the studies on the influence of rock movements on copper canisters embedded in a bentonite buffer. The concluding statement of these studies was: "At present, it seems as if a rapid rock displacement of at least 1 cm can take place without harming the canisters." Our opinion is that more in-depth analyses are needed to avoid unnecessary pessimism when evaluating the risks due to rock movements.

Studying, whether there are any indications of recent horizontal movements in the upper crust of earth and whether such movements are presently taking place. (The question of horizontal movements has been put forth by the Finnish Geodetic Institute.)

Probability and consequence analysis of postglacial movements taking place in a fracture zone near the repository or "less probably" intersecting the repository itself. This evaluation could benefit from the investigations and drillings at the postglacial fault in Pasmajärvi in northern Finland. The Geological Survey of Finland will perform the drillings in 1987. We recommend that drillings and associated borehole measurements will be included also in the investigations to be performed by SKB at the neotectonic fault in Lansjärv.

Probability and consequence analysis of the strong (7...8 ML) earthquakes which may take place during deglaciation and the subsequent rapid land uplift.

...

Analysis of behaviour of the canister-buffer system in rock movements and studies on horizontal movements would be desirable to facilitate the comparison of different alternative repository concepts taking into account a representative spectrum of different scenarios. The risk assessments considering postglacial movements and deglaciation earthquakes should be included in the evaluation phase of disposal concepts.

* SKB comment.

- The capacity of buffer materials of different densities to accommodate sudden rock displacement is under investigation.

- SKB and TVO plan to jointly compile geodetic and seismic data from Sweden and Finland.
- Information from the Pasmajärvi study has been used in the Lansjärv investigations.
- The Lansjärv fault is a possible example of a strong earthquake during deglaciation.

TAC

The effect of continental glaciation on the long-term stability of rock and the performance of the proposed facility would appear to require more evaluation and should be considered in the predictive modelling.

...

The programmes appear, in general, wellfounded on current knowledge, provide comprehensive and organized coverage of all important components, and are set against a reasonable timetable. Specific comments on some aspects of the programme follow.

The effect of continental glaciation on the predicted performance of a disposal facility requires more evaluation. TAC agrees with the opinion that continental glaciation will probably not create any new fracture zones. Instead, any differential movement that may take place during or following an episode of continental glaciation will be taken up by re-activation of pre-existing fracture systems. However, the changes in the thermal regime caused by isostatic depression of the rocks containing the vault, together with accelerated groundwater flow during glaciation, should be considered in the predictive modelling.

Detailed recording of seismic activity in southeastern Sweden as planned in the programme is therefore worthwhile in order to elucidate the possible source mechanism of neotectonic activity and to define the most seismically mechanisms of neotectonic activity and to define the most seismically inactive areas. The time schedule for investigations of rock stability indicates that seismic data for compilations will be collected until 1988. Continuing benefit should arise from the maintenance of the seismic observation network beyond 1988.

NEA

The reviewers considered that this sub-programme is very, perhaps even overly, comprehensive, including elements of basic geological research. The key issue in the suggested programme is the assessment of the potential for the development of fresh fracturing.

3.3 TYPOMRÅDESUNDERSÖKNINGAR

SGU

SGU vill rekommendera att FoU-programmet kompletteras med regionala tektoniska analyser av de olika typområdena, samt utvärdering av vilka områden som varit bäst och vilka som är oanvändbara.

* **SKB kommentar.** Erfarenheterna från det hittills genomförda forskningsprogrammet visar på att det är svårt att entydigt definiera större partier som goda eller dåliga. Beroende på variabiliteten i berget och vår förmåga att definiera de säkerhetsrelevanta parametrarna skulle en större eller mindre del av berget kunna utgöra acceptabla deponeringspositioner. En gynnsam plats skiljer sig då från en mindre gynnsam endast genom att ett färre antal positioner behöver förkastas, dvs att förvaret kräver en mindre areal.

SGU

För att bättre förstå de kartlagda postglaciala förkastningarnas rörelser krävs detaljerade studier av unga referensstrukturer (kvartära avlagringar).

...

Geologisk detaljkartering av berggrundsgeologin runt sprickor och förkastningslinjer skulle kunna ge en uppfattning om den hittillsvarande nettoförskjutningen, medan studier av förekommande seismicitet, liksom ev bergspänningsmätningar, ger en uppfattning om den nuvarande spänningssituationen.

* **SKB kommentar.** I anslutning till att områden definieras för geologiska detaljundersökningar kommer vissa sådana studier att genomföras. Studierna kring bergets stabilitet i sydöstra Sverige fortsätter.

SGU

Det är betydelsefullt att man kan erhålla fullgod kännedom om berggrundens egenskaper och förändringar även under den nivå på vilken man tänker placera de blivande lagringsutrymmena.

...

Resultaten från djupborrningen vid Gravberg visar på möjligheterna av att mycket flacka, vidsträckt sprickzoner, kanske är vanligare än man i allmänhet har föreställt sig. Djupborrningen där är den djupaste i svensk kristallin berggrund och resultaten är av stort intresse och ger en vidgad kunskap om ovannämnda sprickzoner och om hydrogeologiska förhållanden på stora djup. SGU anser att det är värdefullt för SKB att så långt som möjligt ta till vara och dokumentera erfarenheterna från Gravbergsborrningen.

* **SKB kommentar.** SKB delar den uppfattningen och gör så, bl a för studierna av djuphålsförvaring.

SGU

Det bedöms angeläget att man tar fram ett fullgott berggrundsgeologiskt kartunderlag av tillräcklig omfattning runt de olika typområdena (500 – 1000 km²), så att de detaljundersökta områdenas belägenhet i ett större geologiskt sammanhang kan överblickas.

...

Av skäl som belyses nedan anser SGU att som en kompletterande aktivitet bör djupkännande reflek-

tionsseismik utföras i alla områden som kan komma ifråga för deponering av kärnkraftavfall.

...

Vi förutsätter att ett likaledes mycket långsiktigt övervakningsprogram startas i anslutning till deponeringsområden åtminstone ett par år före byggstart. Detta bör göras så tidigt att man kan följa om grundvattnet påverkas av deponeringen och om någon spridning eller annan påverkan sker av det radioaktiva materialet.

SKI

SKI vill understryka vikten av att kunna ge en god karakterisering av bergmassans egenskaper, bl a de anisotropa, hydrauliska egenskaperna hos bergmassan och sprickzonerna. Horisontella strukturer är särskilt betydelsefulla även på större djup. Här kan t ex reflexionsseismik användas. Interferenstester bör genomföras på större djup än 200 m och grundvattenkemin och bergmassans geokemiska egenskaper bör klarläggas parallellt med undersökningarna i den takt nya data tas fram.

...

Inspektionen påpekade i KBS-3-granskningen att SKB vid sitt arbete i högre grad bör beakta de regionala systemen. På så sätt blir det möjligt att bättre förstå hur platsspecifika faktorer samverkar i ett större system. Sålunda kan en mer detaljerad kunskap om hydrologiska, strukturgeologiska och petrologiska samband i en större region förbättra förståelsen för olika fenomen observerade i typområdena. Detta har bl a stor betydelse i samband med uppsättande av randvillkor i modellarbetet.

VTT

This chapter of the R&D programme describes present field techniques, but is very general. One question is that if the other types of siting the repository (e.g. under sea bottom) should provide a seriously taken alternative to the "conventional" sites, such site(s) have to be included in the investigations even if such rock masses might be more difficult to examine.

...

In the planning of the type and location of supplementary investigations at the previously studied sites evaluation and sensitivity analyses with hydrogeological models should be performed. This would facilitate the identification of parameters in the existing database for which additional knowledge would most efficiently reduce the uncertainties related to key factors for safety of waste disposal at the pertinent site.

NEA

As recognised by SKB in discussion, the reviewers agreed there is an urgent need to revise the standard "study site investigation programme". Important items

to be included should be (1) interference tests and (11) establishing long term monitoring programmes of individually isolated hydraulic units.

3.4 UNDERJORDISKT BERG-LABORATORIUM

CTH

Förslaget att låta bygga ett underjordiskt berglaboratorium är bra och FoU-verksamheten i ett sådant bör kunna ge svar på många frågor som ännu inte är tillfredsställande lösta i detta sammanhang.

KTH

Vi ställer oss mycket positiva till uppbyggandet av ett sådant berglaboratorium.

SGI

Beträffande anläggande av ett berglaboratorium anser institutet det vara olyckligt om lokaliseringen av detta laboratorium innebär att ansträngningarna att finna lämplig plats för förvaret reduceras.

SGU

Här framför SGU samma synpunkt som för typområdena: det är nödvändigt att också en uttömmande analys av berglaboratoriets tektoniska situation i ett regionalt perspektiv blir genomförd.

NFR

Förslaget om ett underjordiskt berglaboratorium är väl motiverat utifrån de erfarenheter som erhållits från Stripa-projektet.

Gbg Univ.

Tillkomsten av ett sådant laboratorium framstår som önskvärt. Det är synnerligen viktigt att man här kan demonstrera grundvattenrörelse och radionuklidtransport. Det är också önskvärt att utföra fullskaleförsök i detta laboratorium, dvs försök med utbrända bränsleelement kapslade i tänkta typer av kapselmaterial (koppar, järn, etc). Vidare bör man också här prova olika typer av buffertmaterial. Vi vill dock understryka kravet att en sådan betydande FoU-resurs får kompetent ledning och av kärnkraftindustrin oberoende huvudman.

* **SKB kommentar.** Kärntekniklagen fastslår kärnkraftindustrins ansvar för genomförandet av den forskning som är nödvändig för att omhänderta kärnkraftens avfall.

SKI

I och med att undersökningarna slutförs i Stripa och anläggningen läggs ner bedömer SKI det som viktigt att ett berglaboratorium kommer till stånd i Sverige. Inspektionen delar SKBs uppfattning att integrerade försök, pilotanläggningar och in-situ-försök med fördel

kan förläggas till berglaboratoriet. Även metoder för anläggning och byggande av ett slutförvar kan provas och demonstreras där.

Det forskningsprogram som knyts till laboratoriet är ännu så länge mycket allmänt utformat. Detaljkommentarer får därför vänta tills mera underlag föreligger. SKI vill emellertid redan nu framföra synpunkten att man bör eftersträva att förlägga laboratoriet på sådant djup att det kan ge upplysningar om förhållandena på de djup där ett slutförvar kan komma att placeras. Vidare synes det lämpligt att vid byggandet av laboratoriet undersöka i vad mån fullortsborrning kan användas i större utsträckning vid uppförandet av ett slutförvar. SKI delar SKBs uppfattning att en huvuduppgift vid undersökningarna i laboratoriet bör vara validering av processer och matematiska modeller, som är väsentliga för en säkerhetsanalys av ett slutförvar.

* **SKB kommentar.** Metodik för förvarets utbyggnad kommer att studeras under berglaboratoriets driftskede.

SKI

Pågående forskning och utveckling av metoder, instrument och beräkningsverktyg möjliggör successivt en bättre karakterisering av berggrunden. SKI delar SKBs uppfattning att en fullständig karakterisering av den aktuella bergvolymen inte är möjlig med deterministiska metoder men det bör vara en strävan. En av huvuduppgifterna i berglaboratoriet blir att definiera ur vilka aspekter en validering är möjlig av de verktyg, t ex matematiska modeller, som är väsentliga i den slutliga säkerhetsanalysen av ett slutförvar för radioaktivt avfall.

...

Enligt SKB skall prognoser upprättas för de geohydrologiska och geokemiska störningar i grundvattensituationen som inträffar i samband med att berglaboratoriet byggs. Vidare avser SKB att i förväntningsmodeller jämföra beräknade och mätta värden. SKI vill framhålla vikten av att även dessa undersökningar omfattar de djup som kan bli aktuella för ett slutförvar.

...

SKB har ännu inte bestämt sig för om schaktsänkning eller tunneldrivning skall komma ifråga. Visar det sig att man väljer tunnelalternativet kan det eventuellt vara av intresse att använda bergmassan med nedfartstunneln till att simulera den hydrauliska bur som ingår i WP-Cave systemet.

SGI

Det underjordiska berglaboratoriet motiveras med att vissa data för säkerhetsanalysen måste erhållas in situ på stort djup i aktuell typ av berggrund och i berg som är opåverkat av tidigare aktiviteter. Vissa pilotförsök utförs med fördel i en anpassningsbar och kontroller-

bar anläggning. Stripagruvan anges ej längre motsvara kraven på storlek för bergmassan och opåverkat läge. SGI finner på basis av det material som nu står till vårt förfogande att det inte är möjligt att visa på alternativa sätt att uppnå dessa resultat. Å andra sidan är det olämpligt om läget för berglaboratoriet får styra läget för platsförvar. Vissa data från stort djup i lämplig, ostörd bergmassa krävs för att genomföra en säkerhetsanalys av förvarssystemet. Detta innebär ju samtidigt att omfattande data erfordras från stort djup för att en bergmassa skall klassificeras som lämplig. Enligt SGI's uppfattning krävs det mer omfattande och systematiska undersökningar för att finna en plats som uppfyller kraven, jfr ovan angående plats. Risken är annars att man tvingas välja Berglaboratorieområdet för att det är det enda område med tillräckligt dataunderlag för att klassas som lämpligt.

VTT

As a basic approach the underground research laboratory is highly recommendable. It provides an excellent opportunity to validate and compare the hydrogeological description (conceptual model) of the site obtained on the basis of surface and borehole measurements and computer simulations with different modelling approaches against the actual observations. The added knowledge about the possibilities to characterize reliably the suitability of a given location is valuable in making the selection of the ultimate disposal site.

...

To a certain extent the disposal site for reactor waste (SFR) is planned to be used for getting in-situ knowledge about some geohydrological phenomena. One possibility for siting the actual underground laboratory would be to co-locate it with SFR.

BGS

SKB plan to construct an underground research laboratory during the period 1987-92. This will undoubtedly prove to an extremely valuable investment allowing both research experiments and demonstration systems to be carried out 'in situ'.

TAC

The Stripa Project continues to have direct relevance to the objectives of the SKB Program '86, and the planned development of an underground research laboratory is most worthwhile.

...

The relevance and need for such a laboratory is convincingly stated, and the rationale expressed through long term objectives and a comprehensive and realistic series of research activities. A time schedule for the required site investigations, design and construction avoids undue haste and allows sequential aspects to be well ordered. In the construction of the underground laboratory, new mine-boring techniques can be used

for mining of shafts and tunnels. Such techniques cause less damage to the surrounding rock than blasting and may be advantageous in other aspects of optimizing vault construction and canister deposition hole design.

Overall, TAC considers the development of an underground research laboratory to be a most worthwhile part of the total programme and planned to provide eventually much essential information and data. The preliminary selection of Simpevarp as a possible site appears most logical.

IAEA

In the opinion of the Panel the underground research laboratory will play a major role in the R&D work of the coming decade. One of the most important study areas identified by the KBS-3 safety assessment is the investigation and characterization of the actual groundwater movements around a repository. No license for a high-level waste repository could possibly be issued before the applicant has shown that the understands the groundwater movements. The understanding might be shown by a demonstration project in which the results of a predictive analysis are successfully validated. The main advantage of an underground research laboratory may lie in a large scale validation exercise which, if successful, would greatly increase confidence into the predictive power of the hydrogeological model. The Panel holds that the effort put into the underground laboratory will be well spent.

It will be important that SKB pulls together the accumulated knowledge about groundwater flow in fractured rock in 1988/89 as proposed so that a strategy for validation of models can be developed and implemented during construction and operation of the proposed underground research laboratory. A major opportunity for model validation will exist during the excavation of a shaft for the laboratory and the fullest possible advantage should be taken of it.

...

The timing of the URL fits well with the planned termination of experiments at Stripa, but less well with the date for selection of sites for detailed investigations: The laboratory will only just be ready for starting an experimental programme when sites for detailed investigation are scheduled to be chosen.

...

The development of an underground research laboratory in the early 1990s was supported by the Panel. However, it is recommended that the schedule for development is carefully reviewed so that maximum advantage can be taken from its construction in validation of models of groundwater flow. Integrated experiments addressing coupled processes should be planned well before the laboratory is operational, and the utilization of the URL for integrated studies of wastes, backfill and host should begin early enough to be useful in the design of the repository.

* **SKB comment.** The adjustments in the timetable for the identifications of the candidate sites made in the R&D program 1989 gives more time to fully evaluate the HRL experience.

NIREX

We hope your underground research laboratory goes ahead. We are not currently able to find a way of setting up such a facility in the UK.

CEA

Man kan här anmärka att den roll som tilldelas det underjordiska laboratoriet riskerar att medföra vissa tvetydigheter om den plats som väljs för denna installation till slut skulle utses till plats för slutförvaret:

- laboratoriet är avsett för insamling av basdata (mekanismer med stora datamängder, modeller och validering, växelverkan mellan naturliga och artificiella barriärer) för demonstrationsförsök i stor skala, för provning av byggnadstekniska metoder för att uppföra slutförvaret, inplacering av kapslar liksom buffertmaterial och återfyllningsmaterial.
- laboratoriet är inte avsett för karakterisering av förläggningssplatsen. Det skall inte speciellt anordnas för att undvika störningar av platsens egenskaper. Således förutser man prov med olika tänkbara bergbrytningsmetoder. Emellertid har man upplyst oss om att experiment av mycket destruktiv karaktär kan komma att utföras på annan plats, exempelvis i STRIPA eller utomlands.

I alla händelser kräver karakteriseringen av platsen för slutförvaret en undersökningsfas med arbete under jord. Denna fas är för närvarande inte definierad.

NEA

[The reviewers] recognised that the construction of an underground research laboratory at an undisturbed site is an extremely valuable component of the R & D programme both for technology development and improving site characterization methodologies.

...

An important component of the overall R & D programme is the development of an underground research laboratory (URL) at an undisturbed site. The reviewers recognised this as extremely valuable for technology development and gaining experience in site characterization. They also recognised the advantages of locating the URL at a site where the necessary logistics are available, i.e. at the Oskarshamn site. Furthermore the agreed that the construction of a URL need not necessarily preclude the URL site or its vicinity from consideration as a repository site.

...

The reviewers considered that it was not possible to make any judgement on the technical suitability of the site for the URL, due to lack of information provided

on the geology and hydrology of the site. The argument to locate the URL close to already existing facilities with suitable logistics was considered valid. The schedule and content for the establishment of the URL, and the experiments proposed, were considered consistent with experience and approaches adopted at (i) Stripa and (ii) similar facilities elsewhere such as the Canadian Underground Research Laboratory.

3.5 INSTRUMENTUTVECKLING

NFR

Utvecklingen av geohydrologiska instrument och sonder för insamling av verifieringsunderlag bör ha hög prioritet.

SKI

SKB har lagt ner ett betydande arbete på att utveckla olika instrument för mätningar på stora djup. SKI anser att detta arbete varit mycket värdefullt och den fortsatta utvecklingen verkar lovande. Inspektionen vill i detta sammanhang framhålla betydelsen av att få fram instrument för långtidsregistrering i förvar som ännu inte har förslutits.

* **SKB kommentar.** Viss utrustning för långtidsfunktion (10–20 år) är under utveckling för berglaboratoriet. Mätutrustning som skall fungera över ännu längre tid har ej bedömts nödvändig ur säkerhetssynpunkt. Bedöms sådan mätning vara önskvärd måste utrustningen utvecklas under andra halvan av 1990-talet efter det att de kemiska förutsättningarna i närområdet fastställts genom barriärvalet.

SKI

Den instrumentutveckling som skett på initiativ av SKB är mycket värdefull enligt inspektionens åsikt och den fortsatta utvecklingen på området verkar lovande. Särskilt värdefull bör den utspädningssond vara som nu håller på att tas fram, för såvitt den uppfyller de mål SKB har ställt.

...

Inspektionen anser att den föreslagna spår-försöksutrustningen kan ge värdefull information om vatten-transport, flödesvägar, porositet etc. Det mobila vattenlaboratoriet vidareutvecklas successivt och SKB ämnar ta fram provtagningsutrustning för det nästan stagnanta vatten som förekommer i bergmassans mikrosprickor.

...

Borrhålsradar har visat sig vara mycket värdefull vid karakterisering av sprickgeometrier inom ca 200 m radie. En fortsatta vidareutveckling är mycket intressant enligt inspektionen. Kartläggning av sprickorientering i borrhål har fram tills nu i allmänhet inte utförts i typ-

områdena. Detta har varit en brist som påtalats av SKI. Införs kartläggning av sprickorientering i standardprogrammet underlättar detta säkerligen tolkningen av erhållna borrhålsmätningar, exempelvis tolkningen av den hydrauliska konduktivitetens anisotropi.

...

* **SKB kommentar.** Kartläggning av sprickorientering har prövats med olika metoder vid förundersökningarna för berglaboratoriet. Mätningar med televiewer har slagit väl ut.

SKI

SKB avser att införa bergspänningsmätningar in situ i samband med kommande typområdesundersökningar. SKB har valt att vidareutveckla metoden hydraulisk uppspräckning. Enligt inspektionens uppfattning har alla metoder för mätning av bergspänningar sina begränsningar. Den föreslagna vidareutvecklingen förefaller emellertid mycket intressant.

VTT

The instrument development program is presumably correctly focused on single fracture, fractured zones and groundwater flow characterization methods. The output should be 3D-parameters. This chapter or R&D programme does not, however, give any idea of the development of the interpretation. It is possible that instruments have been overly emphasized in relation to the interpretational knowhow.

BGS

The 'instrument development' topic aims both to develop new instruments and to develop existing equipment further. The use of specialist equipment is the key to making many of the measurements planned within the Geoscience programme and this specific investment in instrumentation development is far sighted and sure to pay many rewards within the overall project. In particular the development of the borehole radar, which has already proved its worth, and the new dilution probe appear to be projects which yield valuable results.

TAC

Continuation of instrumentation development, especially for borehole geophysics, and for groundwater sampling and physiochemical measurements, is an important endeavour. Periodic evaluation along with existing general programme adaptability is needed if new developments are to be adequately utilized.

...

The subject areas within the programme are well chosen and well defined. The activities designated are worthwhile and are quite justified in the context of the total needs of the programme. Due recognition is given to potential developments elsewhere and the utilization of international cooperative efforts. The plans are both practical and reasonable, and, in terms of the timetable presented, achievable.

...

In view of the possibility of major innovations and the widespread international activity in instrumentation development, it would seem to be wise to evaluate needs and directions partway through the Programme '86 and then to reassign priorities for any continuing activities that appear essential.

* **SKB comment.** Reevaluation of goals and priorities are made as new information becomes available.

IAEA

However, before starting any special programme on the instrumentation, a careful analysis of what is available on the market should be performed. This should also include international developments. Some instruments and methods listed and described are being successfully used as well as improved in other programmes, e.g. the NAGRA-FLG-programme. The advantages in using tested and proved instruments should not be underestimated: The ease of data comparison, data verification and quality assurance can be very important.

NIREX

In the UK we would probably expect instrument development to be done by the private sector.

NEA

The reviewers acknowledged that Sweden is very strong in this field and has made considerable progress in the development of new techniques and in adapting instrumentation to small diameter (56 mm) boreholes;

The reviewers considered that priority items for further development are: (i) television logging for 56 mm boreholes (for fracture orientation); and (ii) directional radar.

TAC

In summary, Phase 3 of the Stripa Project will continue to be of direct relevance to the objectives of the SKB Programme '86. Its unique features are well integrated into the general programme.

4 BIOSFÄRSSTUDIER

SSI

I och för sig har SSI förståelse för att intresset för att beakta spridning och upptag i biosfären kan vara begränsat om man som utgångspunkt har att helt, eller så långt som tekniskt möjligt, isolera det använda kärnbränslet mot biosfären, men institutet anser trots det att SKBs FoU-program på biosfärsområdet bör utökas.

...

Strålskyddsinstitutet är inte helt tillfreds med FoU-planen rörande biosfären. Ytterligare insatser är enligt institutets uppfattning nödvändiga för att säkerställa att ett tillräckligt beslutsunderlag föreligger vid tiden för platsval. Insatserna berör speciellt transport av radioaktiva ämnen i mark, processerna i ett utströmningsområde, sedimentationsförlopp och anrikning i ekosystem. Möjligheterna att validera modeller bör i alla sammanhang beaktas.

IAEA

The inevitable changes in biosphere conditions over hundreds and thousands of years nevertheless reduces the need to pursue detailed studies of current ecological systems near to potential repository sites. The Panel therefore accepts that biosphere studies are of less importance in this six-year research programme to 1992 than research on engineered barriers, the geosphere and chemical processes. The level of effort proposed by SKB is appropriate in view of the research being pursued by other organizations in Sweden and in other countries.

NRPB

The planned programme of work is not unreasonable but it lacks the focus which would be provided by adopting ICRP criteria as a basis for planning (see general point (iii)), and pays too little attention to inadvertent human intrusion (see general point (iv)). Also it is not entirely clear whether some of the work will be generic or will be related to present and possible future biosphere conditions at specific sites. It is essential to be as site specific as possible, even at this early stage, because otherwise the contribution of biosphere uncertainties to the overall uncertainties in assessment results will be over-emphasized. Concentrating effort on those from radionuclides which make the greatest contribution to potential doses and risks to individuals and populations would also be desirable (but see comments below on identification of "uncertainty" radionuclides).

TAC

The proposed biosphere research plan appears to be appropriate with sufficient time available for the studies that have been planned.

...

The work that is proposed for the biosphere is most appropriate, and sufficient time is available for the studies. The further information that is gathered should reduce uncertainty in the biosphere model and increase the confidence in the model for its application to more specific site studies.

NEA

The reviewers considered that the level of effort for the biosphere program is appropriate, particularly in view of the large body of relevant environmental research available in Sweden outside the SKB program.

The further development and use of the BIOPATH code in an international framework as outlined, was endorsed by the reviewers.

* **SKB comment.** The research effort in the biosphere area in R&D program 1989 has been kept on the same level as during the earlier period mainly due to the magnitude of unavoidable uncertainties caused by the natural change of the biosphere and the magnitude of the biosphere.

At the present stage of repository development only one primary biosphere parameter seems to have an influence on the siting and the barrier selection of a repository. And that is if the first biosphere recipient of deep groundwater is fresh or salt water.

Comments on the ICRP recommendations and human intrusion are given in Section 6.3.

Uppsala Univ.

Remissgruppen anser dock att frågor rörande jod-129 och de möjliga "effektiva ekvivalentdoserna" i framtiden bör göras till föremål för forskning och utredning i större utsträckning än hittills.

...

Allmänt torde gälla att stokastiskt uppträdande, långsamt läckage av ovannämnda nuklider knappast kan ge upphov till lokala problem. Man borde dock söka förutsäga de aktivitetsnivåer som väntas i människokroppen till följd av den globalt uppträdande höjningen av aktinidförekomsten i de globala kretsloppen.

SSI

En möjlighet att förbättra modellernas trovärdighet kan vara att studera hur kemiskt analoga ämnen till de beaktade radioaktiva uppträder och sprids i naturen. SKB har i FoU-programmet angivit att man avser följa och driva vissa internationella projekt inom detta område. Institutet anser det väsentligt att dessa projekt även kommer att omfatta studier av spridningsförlopp i biosfären.

SGU

SGU vill slutligen förorda att nedfallet från Tjernobylyolyckan utnyttjas för långsiktiga modellstudier av långlivade radioaktiva nukliderna (t ex Cs-134 och Cs-137) kretslopp i naturen. Studierna bör inriktas på radioaktiva nuklidernas omsättning mellan mark, grundvatten och biologiskt material, samt att syfta till utveckling av generella biosfärspridningsmodeller.

* **SKB kommentar.** SKB följer Tjernobylnedfallets spridning i ytnära berggrund och grundvatten samt i markskiktet i två undersökningsområden i Sverige. Materialet avses bl a användas för modellvalidering/utveckling.

KASAM

Beträffande programmet för tiden 1987-1992 upptar biosfärsstudier ett blygsamt utrymme. De kunskapsluckor som finns gäller framförallt transuranernas uppträdande i mark och vatten, av betydelse för deras anrikning i livsmedel. Av speciellt intresse är hur denna anrikning påverkas av markens (eller vattnets) närings-tillstånd, en effekt som är väl känd för cesium vars anrikning i biologiskt material avtar med ökande kalium-tillgång. För funktionsanalysen av slutförvarssystem och säkerhetsbedömning torde scenarier med varierande anrikningsgrad utgöra realistiska alternativ. Man bör i detta sammanhang inte bortse från möjligheten att betrakta tillförseln av radioaktiva avfallsprodukter som en stationär process. I så fall bestäms radioaktiviteten i vegetation inom områden med utläckande radioaktivitet helt enkelt av den årliga tillförseln av radioaktivitet med utströmmande grundvatten och av den årliga grönmassaproduktionen. Den senare bestäms av näringstillståndet i marken.

STUDSVIK

Internationellt råder delade meningar om hur långt dosberäkningar skall drivas in i framtiden. I avvaktan på eventuella acceptanskriterier som utgår från utsläpp från förvaret i stället för stråldos till människan bör arbeten på dosberäkning även för tider mycket långt in i framtiden drivas vidare. Beräkningarna av stråldoser i framtiden måste visa att ICRPs rekommendationer om högsta stråldoser även kan innehållas på lång sikt.

SKI

Inspektionen konstaterar dock att kunskaper inom detta område behövs för att beräkna doskonsekvenser från de bedömningar av utsläpp till biosfären som faller inom inspektionens ansvarsområde. Eftersom osäkerheten är stor vad gäller förändringar i biosfären i det långa tidsperspektivet kan en annan metod av intresse vara att jämföra läckaget av radionuklider från förvaret med den naturliga frigörelsen av liknande radionuklider från berggrunden.

SSI

Det föreligger betydande svårigheter i att modellera radionuklidernas transport i de övre marklagren, speciellt under längre tidsperioder. Strålskyddsinstitutet anser att experimentella studier av radioaktiva ämnens transport i de övre marklagren och rotzonen bör göras av SKB. Även i naturen förekommande kemiska analoger bör kunna användas för att förbättra de biosfärsmodeller som används.

...

Institutet ser det även som lämpligt att SKB i sina FoU planer som ett övergripande mål så långt som rimligen kan begäras söker att validera modellerna som utnyttjas för att förutsäga dessa biosfärsförlopp.

* **SKB kommentar.** SKB stöder det av SSI organiserade internationella BIOMOVs projektet för verifiering och validering av spridningsmodeller för biosfären, där Studsvik också medverkar med BIOPATH, den modell som SKB utnyttjat. SKB-finansierade undersökningar av omsättningen i Trobbo- och Sibbofjärden har utnyttjats som modelleringsfall.

SSI

Strålskyddsinstitutet har tidigare riktat viss kritik mot SKBs behandling av utströmningsområden och har därför själv initierat forskningsinsatser på området. I SKBs FoU-plan framgår att en översiktlig studie planeras om processerna i ett utströmningsområde. Institutet ser detta som en viktig del som eventuellt kan behöva ytterligare insatser.

...

I SKBs FoU-plan omnämns inte projekt som syftar till att öka kunskapen om sedimentens roll som slutgiltig sänka vid spridningen av radioaktiva ämnen i biosfären. SSI ser det som viktigt att SKB initierar forskning inom detta område så att förståelsen ökar för hur långlivade radioaktiva ämnen uppehåller sig i biosfären.

...

I SKBs FoU plan framgår att en översiktlig studie planeras om processerna i ett utströmningsområde. Resultaten av dessa översiktliga studier kan leda fram

till att ytterligare insatser blir följden i ett senare skede.

Institutet anser det viktigt att dessa studier genomförs.

...

Rent generellt anser strålskyddsinstitutet att det föreligger ett stort behov av att öka kunskapen om sedimentationsprocesser i form av grundläggande experimentella och teoretiska insatser. Detta gäller speciellt uppehållstider i vattenfas, flödet mellan sediment och vatten, platsvariation, beroende av fysikalisk och kemisk form och variation mellan sött, bräckt och salt vatten.

* **SKB kommentar.** Under de senare åren har SKB koncentrerat sina insatser på sjöar och sjösediment, samt på hur dessa system växelverkar vid sjöars åldrande. För närvarande pågår studier av utströmningszonen för grundvatten i två sjöar. En huvudfråga i dessa undersökningar är huruvida sedimenten i ett utströmningsområde skiljer sig från sjösediment i övrigt. Projektet förväntas kunna avslutas under 1990.

NIREX

The following appear not to be covered in your program

– behaviour of radionuclides in the near-surface environment – you appear to be relying on international work.

* **SKB comment.** Investigations of the first "near-surface" contact between biosphere and groundwater (ie outflow areas) has been the focus of the SKB biosphere research during the last 5 years.

SSI

De delprocesser i biosfären som, enligt institutets uppfattning, är av speciellt intresse rör radioaktiva ämnens transport i markskiktet, utströmningsområden (terrestra såväl som akvatiska) och sediment. Upptag av radioaktiva ämnen i växter och vattenorganismer är även av visst intresse eftersom man kan förmoda att dessa utgör föda för människan långt in i framtiden.

...

SKB är enligt institutets uppfattning relativt vag i sin FoU-plan vad gäller insatser på detta område. SKB avser att skapa en databas och anger att målet är att förbättra dataunderlaget och modeller inom de gränser som är meningsfulla med hänsyn till de osäkerheter som föreligger beroende på att biosfären är föränderlig i de aktuella tidsperspektiven.

...

Institutet delar SKBs uppfattning att det är viktigt att söka kvantifiera de osäkerheter som införs i beräkningarna. För att kunna genomföra denna kvantifiering behövs ett underlag. Viktiga delar av detta underlag är just experimentell information och teoretiska analyser.

...

Strålskyddsinstitutet anser att upptag av radioaktiva ämnen i växter bör studeras ytterligare. Speciellt bör koncentrationsfaktorernas variation kartläggas i olika miljöer och under olika betingelser.

...

Precis som fallet är för koncentrationsfaktorer för terrestra växter så bör försiktighet iaktas då man utnyttjar resultat som erhållits från analyser av dagens flora och fauna för tider långt framåt då man inte kan förutsäga hur framtida ekosystem ser ut.

* **SKB kommentar.** I nuvarande utvecklingsläge bedöms en förbättrad modellering av en framtida biosfär inte väsentligt förändra säkerhetsbilden.

Ovan nämnda frågor kommer dock att bevakas, och vissa insatser för att kartlägga variationsbredder och deras betydelse för modelleringen kommer att göras.

KASAM

Det torde fortfarande finnas viktiga kunskapsluckor ifråga om transuraners uppträdande i framför allt akvatisk miljö. En uppdatering av existerande sammanställningar vore befogad.

IAEA

The proposed "recipient studies" will be relevant, but it may be important to focus research to a greater extent on the retention properties for actinides of organic materials in soils, and to compare model predictions with observations in areas of outflow for naturally uranium-rich groundwaters.

The assumed dilution of contaminated groundwaters by uncontaminated groundwaters in extraction from wells was questioned in the review of the KBS-3 report. The Panel was pleased to note that the issue will be addressed under "other studies" but suggested that the research could be given greater prominence.

...

With these two emphases, the Panel considered that the proposed programme of research, taken together with other programmes, is sufficiently comprehensive, and is relevant to final disposal of spent fuel whatever the site and repository system.

It is unlikely that biosphere conditions will be important in repository site selection in view of the inevitable changes that will occur before any radioactivity might return to the ground surface. The unhurried pace of the research during the next six years is therefore justified.

VTT

In addition it should be emphasized that the uncertainties related to long-term biospheric changes are not unique for nuclear waste disposal but apply equally to other practices.

The repository site selection has implications on the anticipated most probable primary recipient and therefore this might give reasons for favouring coastal sites. However, the possibility of a well as a primary re-

recipient cannot be excluded at these sites either and therefore special emphasis should be devoted to the experimental validation of approaches to predict the dilution factors for different types of wells.

The idea of creating a common Scandinavian biospheric data base is recommendable and it should provide a broader basis in developing a number of representative standard biosphere scenarios.

* **SKB comment.** Due to the fact that the drilling of a drinking water well is an intentional action, such recipients of groundwater are difficult to handle in a generic way. The place is selected on the basis of best available information, and the drilling is terminated when enough water is found. As the siting process goes on there will be more and more site specific information to be used for evaluating the well scenario.

5 KEMI

KASAM

Också det kemiska programmet är väl genomtänkt och kommer med all sannolikhet att underlätta urvalsprocessen.

BGS

The SKB (Swedish Nuclear Fuel Management Co) research programme for 1987-92 for 'Geoscience' and 'Chemistry' has been reviewed. The programme is regarded as well planned, thorough and abreast, if not ahead, of developments of other national research programmes.

NIREX

It is difficult to judge the value and adequacy of your chemistry work, because not enough detail is given.

NEA

The reviewers considered that the establishment of several university based projects to address current issues in the area of chemistry related problems is commendable. However, they felt that the relative availability of experienced personnel and appropriate chemical laboratories may be a limiting factor on the rate at which research can be performed.

The separation of geochemistry and radionuclide chemistry in the report is also common to the management of several programmes abroad. However, the reviewers recommended that the individual researchers in these programmes be encouraged to interact and discuss their results on a regular basis.

* **SKB comment.** SKB agrees with these evaluations.

CTH

När kapslingsmaterialet (koppar, järn, etc) utlösts erhålles en närzon genomdränkt av dessa material. Genom denna närzon skall klyvningsprodukterna och aktiniderna vandra. Vandrigen genom denna förändrade närzon kommer att bli helt annorlunda än vandrigen med grundvattnet i rent berg. Denna fråga har inte ägnats tillräcklig uppmärksamhet. Vi anser att det är ytterst väsentligt att denna frågeställning belyses i sin hela vidd, såväl teoretiskt som experimentellt.

* **SKB kommentar.** De svårösliga korrosionsprodukterna av koppar och järn utgör goda sorbenter för radionuklider. Hänsyn till sådana faktorer tas vid säkerhetsanalyserna såvida det kan bevisas att dessa material är tillgängliga i tillräckliga kvantiteter och utan kinetiska hinder. SKB delar uppfattningen att till-

gängligheten av dessa ämnen är betydelsefull för närzonens barriäreffekt.

CTH

Det ligger stort värde i att ta fram avancerade kemiska beräkningsmodeller för grundvattnets sammansättning och radionuklidernas migration (exempel EQ3/6, PHREEQUE, EQUIL, THERMAL, etc). Ett problem är här att kunniga och erfarna lösningskemister (t ex prof S Ahrlund, D Dyrssen etc) i ringa utsträckning deltar i detta arbete, som överlåtits på datortränade kemister och geologer.

* **SKB kommentar.** Kunniga och erfarna lösningskemister från bl a Institutionen för Organisk Kemi, KTH deltar i detta arbete där även avancerade beräkningsmodeller utnyttjas. SKB anser det vara en styrka att även geologisk kunskap finns med i modelleringsarbetet.

TAC

Chemistry, geochemistry, and radionuclide transport investigations have been clearly formulated and integrated into other programme areas. No important aspect appears to have been omitted. Continuing studies on the chemistry, composition, and age of groundwaters are important as are the natural analogue studies. The emphasis on and methods to be used for validation of radionuclide transport models are clearly and appropriately stated.

...

The role of the chemistry investigations has been clearly formulated and carefully fitted to the other programme areas. The emphasis on collecting relevant fundamental data, and developing and validating models is sound, and provides the adaptability for dealing with alternatives as they come under detailed consideration.

5.1 GEOKEMI

SKI

Sammanfattningsvis kan inspektionen konstatera att SKBs FoU-program på det geokemiska området i stort sett täcker de frågeställningar som kan komma att aktualiseras vid en säkerhetsbedömning av ett slutförvar. Inspektionen vill dock understryka betydelsen av en koordinering av insatserna på olika delområden, att ett nära samband upprätthålls mellan provtagning, analys och utvärdering samt vidare att programmet utvidgas på den mineralogiska sidan.

BGS

'Geochemistry' is defined as those chemical interactions between the natural groundwater and repository host rock affecting waste package performance and radionuclide migration. Planned research activities are understandably biased towards the acquisition of groundwater compositional data from field sites – particularly development of better sampling techniques and gaining a better control on contamination of samples. This programme appears to be comprehensive and well founded. The inclusion of research activities concerning fracture mineralogy is particularly important and will be crucial in comprehending complex groundwater geochemistry. The planned further development of geochemical models by SKB is also a vital area of research.

TAC

Overall, the geochemical research programme as outlined in the SKB Programme '86 is of high quality. No omissions or shortcomings have been detected.

VTT

The background and the goals of the R&D program are clearly presented. However, as a whole this chapter gives an impression that the problems are considered to be practically solved already and new ones are not expected to be encountered, when new more sophisticated methods will be taken in use. As an example, concerning geochemical modelling, it is not mentioned whether the thermodynamic data base in models requires any further research work also for presently interesting temperature range. Further, the needs for verification and validation of the software packages are not discussed in the chapter.

NFR

Stora svårigheter föreligger att datera grundvattnet och att tolka de isotopkemiska mätningarna. Dessa problem, som också är av grundvetenskaplig karaktär, bör vidarestuderas genom långsiktig forskning vid universiteten.

Gbg Univ.

Stora svårigheter föreligger att datera grundvattnet och att tolka de isotopiska mätningarna. Detta problem, som också är av grundvetenskaplig karaktär, bör vidarestuderas genom långsiktig utläggning på universitetens forskningsinstitutioner.

SKI

Inspektionen vill dock understryka betydelsen av en koordinering av insatserna på olika delområden. Särskilt vill inspektionen uppmärksamma SKB på vikten av att provtagning och analys av mineral sker i tillräcklig omfattning.

* **SKB kommentar.** Grundläggande undersökningar har genomförts och pågår bl a inom Stripa-pro-

jektet. Ytterligare studier pågår inom Poços de Caldas-projektet och i anslutning till berglaboratoriet.

Tolkningen av isotopkemiska mätningar är ett av de långsiktiga arbetena som genomförs inom de grundläggande studierna av grundvattenkemin. På sikt kommer detta arbete att få ett större inslag av samtolkning med spårförsök och förekomst av sprickmineral. Berglaboratoriet ger ypperliga möjligheter till detta.

Den termodynamiska databasen utvecklas vidare med egna insatser och i internationellt samarbete.

Gbg Univ.

På det rent grundläggande planet bör forskning fortsätta för att belysa eller teoretiskt förutsäga grundvattnets kemiska sammansättning. Till de frågor som fortfarande behöver belyses hör grundvattnets buffrande pH- och Eh-egenskaper och förbättrade metoder att bestämma redoxpotentialen.

SNV

Vad gäller grundvattenkemin i övrigt verkar det sannolikt att man ligger på en gradient mellan meteoriska vatten och grundvatten av saltare typ. Sannolikt finns även i den baltiska urbergsskölden "brines" av den typ man funnit i Kanada. Läget av denna gradient kan komma att förflyttas under de långa tidsrymder som förvaret skall fungera. Detta beroende på nedslagningar, marina transgressioner och regressioner etc. Detta gör att de grundvattenkemiska undersökningarna bör utsträckas mot djupet för att ge en bild av den variationsbredd som grundvattenkemin kan få i ett mycket långt perspektiv.

NRPB

Emphasis here is placed on the characterization of the chemical properties of the ground water at the different sites as they exist today. Although any changes are not likely to occur on such a relatively rapid timescale as those concerning the biosphere, perhaps more thought should be given to the time dependence of the properties of interest. The effect of climate is an example of a possible area for consideration; it is stated that at most of the study sites investigated the groundwater was primarily meteoric in origin, thus any minor climatic changes, resulting in alteration to the rainfall pattern, may affect the chemical state of the groundwater and should therefore be studied, in addition to those major changes identified, eg ice ages.

* **SKB kommentar.** Genom att förstå hur grundvattnet får sin specifika sammansättning kan man även teoretiskt förutsäga vilka variationer som kan tänkas, t ex under en isavsmältning. Inför SKB 91 skall dessa processer beskrivas. Förekomsten av salt vatten i berglaboratoriet kommer att utvärderas. I ett skede längre fram kan man behöva borra djupare än de 1000 m som idag är planerade.

SKI

Inom programmet för provtagning och analys av grundvatten har SKB utvecklat nya metoder och utrustning för fältmätning in-situ i djupa borrhål av viktiga parametrar såsom redoxpotential (Eh) och pH. Sådana mätningar har tidigare skett genom provtagning och laboratorieanalys, vilket i varje fall vid Eh-bestämning givit felaktiga och missvisande resultat, främst p g a störningar från inverkan av luftens syre och kontaminering från borrhvatten. Problem av detta slag har nu enligt inspektionens bedömning kommit ett långt steg mot sin lösning.

...

Utrustningen för in-situ mätningar, som alltså sker med en mätsond direkt i borrhålet, medger också uppsamling av grundvatten för detaljerade analyser av lösta komponenter on-line på platsen eller i laboratorier. Inspektionen ser i denna utveckling goda möjligheter att kunna eliminera eller kontrollera de störningar av grundvattenkemin som upptagning av borrhål innebär. Forskningsprogrammet omfattar fortsatt utveckling av dessa och liknande tekniker, bl a för fast installerade provtagare och mätsonder i det planerade berglaboratoriet. Inspektionen ser stora fördelar i att, såsom också antyds av SKB, denna utrustning kommer utprovas och användas redan på ett tidigt stadium, t ex i SFR. Detta kan vara av betydelse för att ta vara på den information som kan erhållas redan i samband med utsprängningen av berglaboratoriet.

...

Bland andra områden där geokemiska undersökningar beräknas pågå inom ramen för FoU-programmet nämns särskilt Finnsjön, där arbete påbörjats med karakterisering av sprickzoner. Inspektionen förutsätter att dessa studier sker med stor omsorg, eftersom sprickzonernas kemi kan komma att få stor betydelse vid framtida säkerhetsanalyser.

...

I tidigare undersökta typområden planerar SKB bl a uppsamling av stora mängder grundvatten för studier av dess innehåll av organiska komplexbildare. SKB överväger också att undersöka källvatten för att på så sätt kunna lokalisera uppströmning av djupa grundvatten. SKI vill framhålla vikten av att grundvattnets strömning får en beskrivning som omfattar både in- och utströmning från ett försvarsområde. Grundvattenkemin kan i det sammanhanget ge viktiga bidrag till förståelsen av det totala geohydrologiska systemet. Inspektionen anser det därför värdefullt om SKB tar vara på alla sådana möjligheter och utvecklar metoder som kan tillämpas vid framtida mera detaljerade platsundersökningar. Såsom redan påpekats [...] måste dessa utföras med en återkoppling av resultat från utvärdering och detta gäller givetvis också geokemin.

* **SKB kommentar.** SKB delar uppfattningen att både sprickmineralen och bergets bulkmineral är betydelsefulla för de kemiska förhållandena och hydrologin. Såväl grundvatten och sprickmineral har varit föremål för omfattande studier i samband med typområdesundersökningar, SFR, sprickzonsprojektet och in-situ försöken i Stripa. Fortsatta undersökningar sker framför allt inom ramen för berglaboratoriet. En större vikt än tidigare läggs härvid vid bulkmineralen liksom vid skillnaderna i vattensammansättningen från olika bergpartier med olika konduktivitet. Det senare blir möjligt först i underjordsdelen i anläggningen.

SKI

En enligt inspektionens uppfattning väsentlig del i SKBs program som inte uppmärksammats i tillräcklig omfattning är provtagning och analys av samtliga de i berggrunden ingående mineralen. Kännedom om bergmassans petrologi och mineralsammansättning är nödvändig för att kunna tolka och utnyttja resultaten från grundvattenanalyserna, för att bedöma inträffade och pågående geokemiska processer och för att beskriva transporten av radionuklider. SKB anger att sprickmineralogiska undersökningar eftersträvas. Inspektionen anser att sådana undersökningar ingår som en naturlig del av ett geokemiskt forskningsprogram. Att enbart koncentrera sig på undersökningar av sprickmineral anser inspektionen däremot inte vara tillräckligt.

* **SKB kommentar.** SKB delar uppfattningen att såväl sprickmineralens som bergarternas sammansättning är av betydelse vid jämviktsmodellering av grundvatten.

SKI

Avsikten är att resultaten från geokemisk provtagning och analys efter viss bearbetning skall läggas in i SKBs databassystem. För varje typområde kommer resultaten att utnyttjas för bedömning av hydrologiska modellens rimlighet och en utvärdering av den kemiska miljön med hjälp av geokemiska beräkningsprogram. Inspektionen är medveten om att erfarenheterna av sådana beräkningar ännu är begränsade. Ändå vill inspektionen poängtera de stora möjligheter till en djupare och bättre förståelse av kemiska processer som successivt kan erhållas genom användning av dessa metoder. Detta gäller inte minst vid försöken att beskriva den geokemiska utvecklingen. Som exempel härpå tar SKB upp beräkningar i syfte att belysa effekter av en förhöjd temperatur i slutförvaret. En svårighet i det sammanhanget är att befintliga data inte täcker temperaturer som avsevärt överstiger 100°C. Redoxförhållanden är ett annat fall, där geokemiska beräkningar används för att tolka och bedöma resultat från analys av grundvatten. Mer omfattande beräkningar av just detta slag ställer stora krav på både program och användare.

BGS

However, there appears to be little planned laboratory experimental work to acquire relevant kinetic data on mineral dissolution/growth reactions to be able to refine these models. Reasonable data already exist to carry out thermodynamic modelling on rock-water systems, but in order to place a timescale on water-rock reactions, further kinetic data are necessary. It seems as if the SKB programme will not address this problem, which is regarded as significant oversight.

* **SKB comment.** Very few data on reaction kinetics are so far available for use in an operational chemical modelling of groundwater chemistry. The evolution of the groundwater composition is studied to obtain a qualitative model for the groundwater/rock reaction kinetics.

VTT

The sampling and analysis of fracture minerals are essential for the geochemical modelling of the groundwater/rock equilibrium. The weathering processes and weathering kinetics in bedrock should also be considered.

Laboratory simulations of the rock-water system for the purpose of determining the rock's reducing capacity are important for understanding of the possible redox processes in bedrock and repository. Additional studies on the different redox components affecting the redox potential in bedrock should be undertaken. The reducing capacity of the bedrock/bentonite system should also be studied.

As mentioned earlier the interaction between groundwater and buffer materials, such as bentonite, has to be investigated as well.

* **SKB comment.** The redox potential can be measured directly. SKB considers however the study of various redox components as less important than the investigations of the total available redox capacity.

IAEA

The Panel recommends that more attention be paid to the problems related to the redox potential in the repository system since it plays a determining role in various mechanisms of corrosion, dissolution and precipitation and in the mobility of certain long-lived radioelements such as technetium and neptunium. The programme should strive at a broad understanding of the redox properties and capacity of the candidate rock, possible alterations resulting from future constructions work, groundwater movements and materials used in the construction and emplacement of the repository (including the canister and overpack materials, the backfilling, etc...). It is also important to understand to what extent and in what time span after backfilling the groundwater quality and redox potential of the storage medium will have reached a new equilibrium. The Panel strongly supported the considera-

tion of tests to validate models of the evolution in redox conditions following repository sealing.

The Panel appreciates the efforts planned to improve the understanding of the chemical development of the groundwater and in the use of radioisotope methods for the determination of the history and flow pathways of groundwaters.

NEA

The reviewers recommended that a higher priority should be given to determining the availability of redox buffering capacity in host rock, since this is an important safety-determining issue in current Swedish disposal concepts.

5.2 RADIONUKLIDKEMI

KVA

Det är en angelägen uppgift i den fortsatta forskningen att studera kinetiken och mekanismerna för olika radiolysprodukters oxidation av UO_2 .

* **SKB kommentar.** SKB delar den uppfattningen.

KTH

Transport med mikroorganismer kan sätta lösningskemiska begränsningar ur spel. SKB har betraktat detta först under den sista tiden. Mikroorganismer finns överallt i berggrunden, t o m speciella stammar med värmestabila proteiner. Studiet av berggrundens flora och betydelsen för transporten av nuklider bör prioriteras. Byggandet av förvaret för ner mängder med organiskt material som kan introducera ökad mikrobiell aktivitet.

SNV

Sammantaget är det av vikt att kartlägga bergets flora av mikroorganismer och dessas betydelse för den kemiska miljön som transportörer av radionuklider.

VTT

Very few data are also available on the micro-organism content in granite bedrock, especially at great depths, mostly due to the fact that undisturbed samples are very difficult to obtain. The background level of microbes in granite bedrock is essential to know in order to estimate the possible effect on actinide transport.

* **SKB kommentar.** Sådana studier pågår och kommer att fortsätta.

NFR och Gbg Univ.

Ytterligare ett område som bör nämnas explicit är ytadsorptionsstudier av radionuklider. Genom modern spektroskopisk metodik bör det vara möjligt att studera hur olika komplex av radionuklider (pH och Eh-be-

roende) adsorberas med olika styrka till olika mineral. Detta forskningsområde är av stor betydelse vid val av fyllnadsmaterial.

SKI

I de aktuella systemen krävs avancerade datorprogram för beräkning av lösligheter och komplexbildning. I detta avseende har SKBs insatser påbörjats i ett jämförelsevis sent skede, men inspektionen har kunnat notera att SKB sedan ett par år tillbaka bl a har haft tillgång till programmen PREEQE och EQ3/6. Dessa program är fullt tillräckliga för de aktuella behoven, men deras databaser måste uppdateras och kompletteras med dokumenterade och konsistenta termodynamiska data. För detta ändamål avser SKB att bygga upp en egen databas grundad på den som håller på att tas fram i NEAs regi. Inspektionen har redan tidigare och i andra sammanhang berört möjligheten att skapa en gemensam databas av detta slag för användning vid säkerhetsanalytiska beräkningar. SKI kommer därför att noga följa utvecklingen på denna punkt.

...

Förekomsten av vissa starka komplexbildare (t ex humus- och fulvosyror) kan medföra ökad löslighet och minskad sorption dvs att radionuklidernas rörlighet ökar. Det är därför väsentligt att bestämma förekomst och egenskaper hos sådana komplexbildare i djupa grundvatten. SKB avser att fullfölja forskningen på detta område med experimentella och teoretiska studier. SKI utgår ifrån att dessa studier ges en sådan inriktning att resultaten kan integreras i beräkningar av de naturliga barriärernas funktion. Detta förutsätter att komplexbildarna och de aktuella komplexen studeras under förhållanden som motsvarar den förväntade miljön i slutförvar och geosfär. En intressant fråga i sammanhanget är i vad mån bildade komplex kan sorberas på mineralytor och upptagas i berget genom matrisdiffusion.

VTT

As there is a general lack on thermodynamic data for actinides particularly for neptunium emphasis should be put on determination of thermodynamic constants for neptunium, especially in alkaline conditions. In addition stability constants for many carbonate complexes are associated with large uncertainties. Verification and validation of the different thermodynamic models used in the solubility calculations is essential, too.

* **SKB comment.** The safety effects of alkaline environments will be investigated to some depth. The main alternative for the near field is to keep it as close to the natural situation in Swedish granites as possible.

VTT

Analysis and characterization of colloids are essential. In order to be able to reveal the importance of colloid-

es in the transport of actinides, the natural groundwater content of colloids has to be determined.

...

Sorption and diffusion in small fractures or in the rock's pores can probably delay the transport considerably in the bedrock. The diffusion into the rock has been validated in experiments carried out with some diffusing species. Diffusion of some important species is, however, so slow that the phenomenon has not yet been proved with every important compound.

* **SKB comment.** More experience in this area is available today.

VTT

The mechanisms by which the species are transported and retarded in the rock should also be studied. Moreover, parameters such as the properties of the rock, the chemical surroundings, the electrical properties and the size of the migrating species should be taken into account.

...

Sorption may play an important role in transport processes. Different sorption processes should be studied more carefully in order to reach a better understanding of their effects. Diffusion resistance of material boundaries and other surface phenomena should also be studied and demonstrated thoroughly in view of the additional information to be gathered.

* **SKB comment.** Such studies are going on.

Florida S.U.

The projected R&D activities seem quite reasonable. In that summary the importance of organic complexes, colloids and microbes are emphasized. The recognition of the potential significance of these species and the retention and/or transport of radionuclides leached from the initial confinement system has resulted in activity in a number of laboratories in various countries. Perhaps the most aggressive program in this area is in the Technical University of Munich in Germany. One aspect of the concern in this area that is not specifically mentioned in the review is that of the redox properties. We have shown the humic acids have very strong reduction capacity for plutonium and neptunium in particular.

Another aspect that deserves far more attention than had been given or is being given to it at present is the effect of temperature on the colloids formation, sorption and/or redox properties of the organics. Humic acid apparently is not a particularly stable species and may well be severely perturbed at elevated temperatures. This is an area that deserves far more study and one in which I hope my laboratory will soon engage.

...

The data base for modeling is much better than it was 10 years ago, but as your report points out, there is a major need for generic data in the 90-130°C range. Unfortunately, such data is not being generated at any laboratory at present since, at least in the United States, major emphasis is on site studies rather than generic data measurement. This is unfortunate as this represents a major gap in modeling needs and would require a significant effort in several laboratories using high temperature calorimetry, etc.

* **SKB comment.** As a consequence of restrictions on the amount of fuel per canister and the long service life of the copper canister the main interest for SKB has been focused on temperatures below 100°C.

Florida S.U.

I would also comment on the plan to obtain enough of the humics from the ground waters for large scale studies. This is a massive project since the amount of humics is low in such systems. An alternate approach which would be scientifically as valid would be to collect a few grams of the humics and by a variety of analytical procedures included C-13 NMR, titration, ultrafiltration, etc. classify the humics sufficiently that one could hope to find more easily available material with very similar properties. This should not be particularly difficult for the actinides since the interactions of the humics with the actinides is via for the carboxylic acid groups. The phenols play some small role in the complexing but are more important in the redox properties. Both the phenol and carboxylic groups can be determined by titration, while the general characteristics such as aromatics vs. aliphatic character, etc. can be determined by C-13 NMR.

...

The other area that is briefly mentioned, but which might be quite important, is that of the radiolytic perturbation of the surrounding materials in the near field region. Such radiolysis could result in significant differences in the redox characteristics as well as modification of the general geochemical system.

* **SKB comment.** Humic material from surface waters are of course used for experiments with complexation etc. in cases where humic and fulvic acids isolated from deep ground waters are not available in large enough quantities. Redox effects are being considered and evaluated by experiments and modelling.

TAC

Although no assessment of relative priorities is given, the proposed programme of work is appropriate, and no important aspect appears to have been omitted.

IAEA

The basic physicochemical data concerning the major radioelements in high activity wastes and many of

their chemical compounds and reactions products are adequately studied in many countries, including Sweden; the results are made available through international data banks. These efforts will be continued but the Panel recommends that efforts might be concentrated to a greater extent on the understanding of the basic physicochemical phenomena involved in the sorption-desorption reactions; more effort could also be devoted to understanding sorption phenomena in cracks and crevices in the rocks.

The Panel recommends that the studies in radionuclide chemistry should not remain for too long of only a generic nature but should soon include site and system specific studies.

Adequate attention should be paid to the following phenomena:

- the mechanisms of formation/deposition of the corrosion products and their impact on radionuclide retention and/or permeability of the near field rock structure,
- the function of secondary barriers and the way in which they affect the retention capacity of the system for certain radioisotopes; however, they may also have an adverse environmental effect of their own. For alternatives making use of heavy metals and/or arsenic, the advantages and disadvantages associated with chemical toxicity should be carefully assessed.

...

There is still a need to better understand the fundamental mechanisms of matrix diffusion; particularly in the light of the as yet unexplained experimental data on iodine presented in the report. If matrix diffusion is to be taken into account in chemical transport models, it will be particularly important that there is natural evidence that the mechanism operates over the timescales of interest.

NIREX

The following appear not to be covered in your programme:

- thermodynamic modelling in support of the chemistry work.

* **SKB comment.** As the thermodynamic database has been improved, by both national and international efforts, more and more thermodynamic modelling has been made.

BGS

'Radionuclide chemistry' concerns the solubility and sorption behaviour of radionuclides in the near- and far-field of a waste repository. The research proposed in this area reflects the strength of past SKB programmes and may be considered as 'state of the art'. Great emphasis in the planned programme is placed upon

the role of colloids, humic complexes and biological effects which parallels the concern in most national programmes on the importance of these factors.

IAEA

A question which is still insufficiently understood is that of the radiocolloids which might be formed through reactions between the components of the groundwater, the disposed materials, backfilling materials and various corrosion products. The study of such phenomena is complex. The formation of colloids, which have their own reaction mechanisms with the environment, might have positive as well as adverse effects on the safety of the system; they may react themselves with the surrounding rock or the engineered barriers and be retained by the latter. The Panel recommends that SKB consider participation more fully in international activities related to colloid and radionuclide-organic complex behaviour.

NEA

Within the chemistry field there are a number of unresolved R & D issues (in particular, colloids, humic complexes and microbes). Most other national programmes have identified the same issues, hence, the reviewers considered that an intensification of international cooperation could be beneficial.

* **SKB comment.** Since the writing of the R&D-program 86, SKB has joined the CEC cooperation on colloids and complexes.

5.3 KEMISK TRANSPORT

SGU

I tidsperspektivet > 10.000 år får man räkna med en eller flera nedisningar. Som resultat av sådana, och kanske även i andra sammanhang, kan salt havsvatten förväntas transgreda i vissa av de nu undersökta typområdena. Därvid kommer det söta grundvattnet i området att bli ersatt med salt vatten, vilket åter ersätts med sött vatten när landet åter kommer över havsytan. Detta kan komma att ske i flera omgångar. Konsekvenserna av sådana händelser bör utvärderas och studeras som sannolika scenarier i geokemiska modeller.

* **SKB kommentar.** Sådana fenomen kommer att vara med bland de scenarier som diskuteras i SKB 91.

Gbg Univ.

Vid kapsling med stål kommer naturligtvis redoxpotentialen Fe/Fe²⁺ att bestämma Eh:s beroende av pH och vi kommer att få betydligt mer reducerande betingelser runt avfallet. Detta torde medföra att de flesta radionuklider blir mera svårslösliga, något som måste belysas vid framtagande av den kemiska databas som skall användas vid modellering av ev grundvattensspridning.

...

Gbg Univ. och NFR

Beträffande de kemiska beräkningsmodellerna finns i Sverige ett flertal forskare med hög kompetens inom lösningskemi, som borde utnyttjas bättre än hittills för genomgång av förutsättningarnas och resultatens relevans. Det är vidare nödvändigt att förbättra den databas som ligger till grund för beräkningarna. Härvid bör det internationella samarbetet ytterligare förstärkas, vilket framhålls i utredningen.

* **SKB kommentar.** SKB instämmer i att databasen måste vara relevant för den förvarsutformning som studeras. Kommer järn att tillåtas i förvaret måste dess effekter utredas. De internationella kontakterna inom detta fält har vidareutvecklats under den senaste 5 årsperioden.

Gbg Univ.

Utan tvekan bör dock de svenska insatserna inom detta område utökas inom SKB's FoU-ram, dels pga nödvändigheten av sådana data för bedömning av det svenska kärnkraftsavfallets slutförvaring, dels genom möjligheten att på ett påtagligt sätt bidra till viktig kemisk grundforskning.

* **SKB kommentar.** SKB eftersträvar att inom gällande forskningsplan finna en insatsnivå som är balanserad med hänsyn till forskningsbehovet för de olika barriärerna och deras betydelse för säkerheten.

SNV

Som framhålls i programmet bör undersökningar angående redoxbuffring prioriteras.

SKI

Enligt inspektionens uppfattning har SKBs arbeten på området transportprocesser hittills uppvisat en hög standard och det är inspektionens förhoppning att denna höga standard även kan upprätthållas i det fortsatta forskningsprogrammet. Särskilt värdefullt är om programmet inriktas mot att klarlägga betydelsen av koppling mellan kemi och transport, matris- och ytdiffusion samt utveckling av modeller för beskrivning av radionuklidtransport i sprickigt berg.

...

Målet för SKBs verksamhet anges vara att beskriva förändringarna i närområdets kemiska miljö samt transport av radionuklider i närområde och geosfär. Med hänsyn till verksamhetens stora betydelse är emellertid presentationen mycket kortfattad. Det är av det skälet svårt att ge en rättvisande bild av SKBs faktiska insatser enbart på grundval av det angivna materialet. SKI har dock i många andra sammanhang haft möjlighet att ta del av SKBs verksamhet. Detta gäller inte minst de internationella samarbetsprojekten INTRACOIN, HYDROCOIN och INTRAVAL.

...

För beskrivning av närområdets utveckling avser SKB att ta fram modeller som tar hänsyn till koppling mellan kemi och transport. Detta är av betydelse bl a för transportberäkningar av ämnen som påverkar de tekniska barriärernas stabilitet och inverkan på bergets struktur till följd av mineralomvandlingar. Behovet av sådana beräkningar anges av SKB vara förknippad framförallt med bedömning av alternativa metoder för utformning av kapsling och lerbuffert. Inspektionen är i sak enig med SKB men vill samtidigt framhålla att mer omfattande tillämpningar av sådana kopplade modeller av allt att döma ligger allt för långt fram i tiden för att kunna rymmas inom det nu aktuella sexårsprogrammet. Vissa enskilda fenomen, såsom t ex bildning av en zon med oxiderande miljö runt en läckande kapsel (redoxfront), skulle dock vara värdefullt att få belysta med denna typ av beräkningar.

...

Vad transporten av radionuklider i närområdet beträffar planerar SKB att utveckla modeller som tar hänsyn till kedjesönderfall, löslighetsbegränsningar och en noggrannare beskrivning av geometrin. SKI anser att detta är en naturlig utveckling som dock bör kompletteras med insatser i syfte att nå en bättre förståelse av inverkan av förhöjd temperatur och av kopplingen mellan kemi och transport i lerbufferten samt i vissa fall även inverkan av läckande kapslar på systemets kemiska miljö av betydelse för barriärfunktionen hos andra kapslar.

...

Beskrivningen av forskningsinsatserna på att utveckla transportmodellerna för geosfären (fjärrområdet) är mycket kort och ger knappast en rättvisande bild av den utveckling som kan förutses på området. Således anger SKB att matrisdiffusion kommer att byggas in. Denna mekanism, av potentiellt mycket stor betydelse, användes i själva verket av SKB redan i samband med KBS-3. Inspektionen anser att beräkningar av detta slag inte nödvändigtvis måste ske med modeller som kopplar transportmodeller och geokemiska modeller. Användningen av sådana metoder måste ännu begränsas till att belysa betydelsen av enskilda processer för särskilt kritiska nuklider. Kunskaps- och dataunderlaget för användning av kopplade modeller tar lång tid att få fram, varför under överskådlig tid de i första hand torde komma att användas för att visa konsistensen mellan teori och experiment samt säkerställa att användningen av fördelningskoefficienten, K_d , sker på ett riktigt sätt eller i varje fall inte kan leda till överskattning av bergets retentionsförmåga. Samtidigt vill dock inspektionen poängtera det värdefulla i att modeller som kopplar kemi och transport utvecklas.

...

På båda de ovan angivna områdena, yt- och matrisdiffusion anser inspektionen att SKBs insatser ligger väl i linje med vad som kan komma att krävas i samband med framtida säkerhetsanalyser.

...

En modellmässig beskrivning av radionuklidtransporten i berg förutsätter förutom modeller för aktuella kemiska processer modeller för bergets geohydrologiska struktur, speciellt grundvattenströmningen i bergets spricksystem. Det kan vara av stor betydelse för resultaten av transportberäkningarna om berget beskrivs som ett poröst medium, ett nätverk av stokastiskt fördelade sprickor eller ett system av kanaler för transporten som endast omfattar delar av spricksystemet. [Inspektionen fäster] stor vikt vid att olika konceptuella modeller för bergets sprickstruktur vidareutvecklas och prövas.

* **SKB kommentar.** Studium och jämförelse av konceptuella modeller för grundvattenströmning i berg utgör prioriterade insatser både inom Stripa projektet och berglaboratoriet.

BGS

The role of the 'Chemical transport' section is self-explanatory and the SKB programme is geared to the development of coupled hydraulic-geochemical models. This is also of major concern to all the national waste disposal programmes at the present time. It is difficult to assess how SKB sees this area developing, since there is little description of the approach to be taken. Again, criticism could be levelled that all effort is being placed on the development of already existing thermodynamic models, but little effort is being placed upon the acquisition of relevant kinetic data (particularly at elevated temperature).

* **SKB comment.** SKB agrees in principle that the repository performance must be modelled with regard to kinetic phenomena. However, when talking about the very long time spans involved in the evaluations often questions on kinetics can be replaced by whether a reaction can be proven to take place or not.

TAC

The programme appears to be carefully integrated into all the related parts of the programme and is a logical extension from existing work and current knowledge.

IAEA

The Panel welcomed the proposal to further develop chemical transport models to take account of "near-field" characteristics such as changes in Eh, pH and mineral alterations as well as to predict gas transport from the "near-field". It will be important that the developments also allow coupling to the "source-term" model of radioactivity release from spent fuel and take account of the influence of canister materials, canister corrosion products and buffer/backfill materials.

Chemical transport modelling in the "far-field" has already been started and further development is planned. It will be important that this further development takes account of the competition between stable elements and radionuclides in sorption processes, parti-

cularly if significant amounts of concrete or other similar materials are to be included in a repository design, or if groundwater salinity is expected to change significantly.

...

The proposed programme of chemical transport research was considered to be sufficiently comprehensive, and it may be both possible and useful to focus on a smaller number of topics for more detailed study after trial safety assessments (including KBS-3) and sensitivity studies have shown which are most important.

* **SKB comment.** SKB agrees that there is a need to focus on topics that are important for the safety. Input for priorities is provided by integrated performance evaluations and safety assessments.

VIT

The studies on these effects of channelling on the radionuclide migration should include besides hydrodynamic dispersion also the decrease of fracture surface area available for surface sorption. Furthermore the approaches applied for dealing with unlimited matrix diffusion should be validated more extensively. On the other hand the overly pessimistic complete neglect (in KBS-3) of the retarding effect of the fracture zone can be reconsidered, when the results from the planned fracture zone studies become available.

NIREX

It appears that your near-field models do not take account of decay, solubility limits and sorption. Again more detail is needed to be able to make a critical appraisal of the work. Will the chemical transport work lead to a near-field source term?

* **SKB comment.** The comment must be based on a misunderstanding, all the mentioned factors are taken into account.

NEA

The reviewers recommended that continued attention should be paid to coupled processes. They agreed with the conclusion that the most important coupling is between geochemical and transport models. They further recommended that future effort should also include study of potential changes in flow porosity due to precipitation and dissolution, and that the potential role of coupled processes in the alternatives to the KBS-3 concept be examined more closely.

5.4 VALIDERING AV TRANSPORTMODELLER

SKI

SKB har i sitt FoU-program givit relativt stort utrymme åt validering av transportmodeller. Detta är enligt inspektionens uppfattning väl motiverat. Validering måste enligt inspektionens uppfattning ses som ett

långsiktigt arbete med klart utstakade mål, som inkluderar såväl laboratorieförsök som in-situförsök och naturliga analogier. Det är mycket angeläget att arbetet bedrivs i nära samarbete mellan modellutvecklare och experimenter. Inspektionen arbetar med förberedelserna för ett internationellt projekt, INTRAVAL, som tar sikte på den svåra valideringsproblematiken. SKB deltar i den grupp som planerar detta projekt. Dessutom är SKB en av deltagarna i det hydrologiprojekt, HYDROCOIN, som SKI organiserar.

...

På grund av relativt höga kostnader och långa planeringstider för experiment tar valideringsarbetet lång tid. Inspektionen vill därför framhålla nödvändigheten av ett långsiktigt program som utformas med hänsyn till för transportmodellerna särskilt viktiga frågeställningar.

BGS

'Validation of transport models' concerns laboratory and field experiments and studies of natural analogues to validate geochemical models developed under the 'chemical transport' section. This programme appears comprehensive and well planned, although model validation appears to be oriented solely towards the behaviour of radionuclides in the geosphere. This is despite the emphasis placed upon the understanding of the processes governing the mobility of 'inactive' components (canister corrodants, chemical elements potentially causing clay mineral transformations in the backfill, etc) in the section on 'chemical transport'. There appears to be no consideration of the validation of these components of the models.

* **SKB comment.** SKB considers the validation of models for canister and buffer behavior or leaching as important as the validation of models for nuclide transport. In fact most of the investigation of natural analogues up to now have been made to evaluate the validity of models for corrosion and bentonite stability.

TAC

We recommend the continuation of the emphasis on natural analogue studies, especially through the international collaborative efforts already instituted. The evidence obtained can help to judge the level of validity of extrapolations to extended time periods that are inaccessible by laboratory studies.

...

We also affirm the value of radioactive disequilibrium studies, especially with respect to radium 226, in giving information on the extent of movement of nuclides under the influence of groundwater flow on extended time scales.

IAEA

The level of research effort devoted to model testing and validation may need to increase as the date for a site licence application approaches, but it is already im-

portant that this part of the research programme is vigorously pursued if models are to be used in the early 1990's in assessments of alternative sites for more detailed investigation and alternative repository systems. The schedule of research at Poços de Caldas analogues in Sweden and elsewhere may need to be pursued quickly.

NIREX

Your approach to model validation appears sound.

NEA

One of the key issues at the present time is the validation of transport models. In this context the reviewers supported the proposed use of various natural analo-

gues and particularly the investigations carried out at the Poços de Caldas site in Brazil. SKB is widely recognised as having a good understanding of the advantages and limitations in the application of natural analogues, and of the importance of relating their use to performance assessments.

KASAM

En viktig del av programmet är studier av naturliga analogier vilka möjliggör validering av modeller för transport av radioaktiva ämnen från förvar till biosfär. Detta är angeläget och SKB har tagit väl vara på de möjligheter som erbjuds internationellt i detta avseende.

6 SÄKERHETSANALYS

CTH

I fråga om säkerhetsanalysen noterar vi bl a att mycket kommer att hänga på det övergripande analysprogrammet PROPER och dess förmåga att leverera väl motiverade slutsatser. Osäkerheterna i olika indata och modeller hanteras för närvarande med olika Monte-Carlo-metoder. Dessa är svårgripbara och besvärliga att förklara. För bl a allmänhetens acceptans och förståelse vore det värdefullt med någon annan metod att hantera osäkerheterna.

* **SKB kommentar.** Säkerheten kommer att utvärderas både med probabilistiska metoder (t ex via PROPER) och med deterministiska metoder (de flesta forskningsmodeller som idag används för att beskriva processerna i förvaret).

SEN

Nödvändigheten att fatta beslut om handlingar, vilkas framtida konsekvenser är avsevärda och likväl i stor utsträckning oförutsägbara, innebär en relativt ny moralisk situation, som inte fått någon grundläggande genomlysning av teologer. Nämnden vill för sin del här hänvisa till den ansats att belysa problem kring slutförvar av kärnavfall från etiska utgångspunkter, som återfinns i Samrådsnämndens för kärnavfallsfrågor rapport "kunskapsläget på kärnavfallsområdet 1986". En fördjupning av den problemställning, som utgör huvudpunkten i denna ansats – ansvarigt etiskt handlande under osäkerhet – borde utgöra en självklar och omdömgänglig del i det fortsatta forsknings- och utvecklingsarbetet men saknas i det nu framlagda programmet.

* **SKB kommentar.** SKB anser att detta är en fråga som hänger samman med vilka kriterier som samhället anger för tillåtligheten av olika verksamheter. Forskning på detta område är därför i första hand en uppgift för de myndigheter som formulerar dessa kriterier och övervakar deras efterlevnad. Enligt SKBs uppfattning är de kriterier som tillämpas på strålskyddsområdet väl genomtänkta och försvarbara ur etisk synpunkt. De torde t o m kunna vara en förebild för många verksamheter där framtida effekter för den biologiska miljön kan uppstå.

TAC

The need for the early establishment of both a general and a software quality assurance programme is stressed. An early assessment of software and hardware resources for future needs should be done. Consideration should be given to the adoption of an appropriate

specification language for the computer modelling work.

* **SKB comment.** A program to define appropriate QA procedures, taking into consideration the development stage of the general program, is planned for the coming three year period.

CEA

Det metodikval SKB har gjort ger inte anledning till någon grundläggande kritik. Det medger att man beaktar en av huvudinvändningarna som kunde riktas mot studien KBS-3, nämligen bristen på optimering. Emellertid får man vara försiktig, så att inte önskemålet om optimering medför en förskjutning av tidpunkten för val av alternativ beträffande system och barriärer. De tidpunkter som förutskickas i dokumentet är rimliga. SKB bör bevaka att de följs, och då speciellt att från 1989 föreslå detaljerade program avseende lokaliseringarna.

VTT

The improvement of basic understanding of the relevant phenomena and harmonization of performance assessment procedures in different countries would benefit from enhanced international co-operation for example in the following fields:

- probability assessments of the various scenarios,
- consequence analyses of extreme events (e.g. human intrusion, postglacial rock movements),
- clarification of the questions associated with modelling of the well pathway scenario (probability assessment, diluting water volume),
- modelling uncertainties can be addressed and the safety margins of the disposal system can be studied by developing parallel submodels for each system component,
- systematization of the selection of probability distribution functions to be applied in the analyses.

* **SKB comment.** An intensified international cooperation in safety assessments has been developed through the PAAG group that was organised by NEA in 1985. Scenario definition and evaluation has been one primary area of cooperation within PAAG. Aspects of the safety assessments are also covered by bilateral cooperation with other countries.

6.1 BAKGRUND

Inga specifika kommentarer.

6.2 MÅL FÖR FoU-VERKSAMHETEN

Inga specifika kommentarer.

6.3 SCENARIER OCH ACCEPTANSKRITERIER

STUDSVIK

vill här starkt framhålla vikten av att myndigheterna utifrån sina synpunkter initierar och utarbetar acceptanskriterier, så att sådana föreligger vid de tidpunkter som anges i SKBs tidsplan för platsval och systemoptimering. Tillgängligheten av myndigheternas acceptanskriterier synes vara huvudvillkor jämte social/politisk acceptans vid platsvalet för att tidsplanen skall kunna genomföras.

SKI

Inför en slutlig säkerhetsbedömning jämförs resultaten från säkerhetsanalysen med acceptanskriterier. Som SKB påpekar i FoU-programmet kan kriteriernas utformning starkt påverka både medel och metodik för säkerhetsanalyserna. Ansvar för utveckling och acceptanskriterier ligger närmast hos berörda myndigheter. Det är viktigt att SKB noga följer detta arbete för sin utveckling av metoder och modeller för säkerhetsanalyser.

...

FoU-programmet säger SKB att insatserna för scenarieval och scenariedefinition kommer att bedrivas i viss samordning med internationellt samarbete som initierats av OECD/NEA. Med hänsyn till problemområdets allmängiltiga natur är det väl lämpat för internationellt samarbete. Vidare passar det väl in i NEAs verksamhet inom säkerhetsanalysområdet. SKI anser därför samordningen med NEA vara ett naturligt och positivt inslag i SKBs arbete.

...

Enligt FoU-programmet kommer SKB att under 1987 göra en systematisk genomgång av scenarier relevanta för svenska förhållanden. Det är angeläget att detta arbete kan startas tidigt på grund av dess grundläggande natur. SKI anser emellertid att man under detta år endast hinner påbörja en process som skall leda till val av scenarier för kommande säkerhetsanalyser.

...

Ansvar för utveckling av acceptanskriterier ligger främst hos berörda myndigheter, främst statens strålskyddsinstitut. Det är angeläget att SKB noga följer detta arbete för sin utveckling av metoder och modeller för säkerhetsanalyser.

SSI

SKBs forsknings- och utvecklingsplan inbegriper forskningsfält inom vilka processer ska förutses miljontals år framåt i tiden. Därför bör det i princip göras klar innan FoU-arbete påbörjas, vilka kriterier och begränsningar för extrapolering av förlopp och processer till avlägsna tider som ska gälla. Hur ska exempelvis data från laboratorie- och fältförsök giltiga för korta tidsperspektiv hanteras i extrapolationssammanhang? Vilka krav bör ställas för att forskningsarbetet ska kunna sägas vara av hög vetenskaplig kvalitet?

SKBs forskningsplan för 1987-1992 inbegriper prognoser för förlopp vilka äger rum i dessa tidsperspektiv – fortfarande utan att grundläggande problematiken har diskuterats.

* **SKB kommentar.** Den vetenskapliga kvaliteten i funktions- och säkerhetsanalyserna och tilltron till analysernas riktighet är viktiga faktorer för att ett slutförvar skall kunna byggas i Sverige. Frågeställningarna berör direkt definitionen av de scenarier som säkerhetsanalysen skall belysa och validiteten i de modeller som används för att analysera förvarets funktion.

Internationella diskussioner kring dessa frågor har under de senaste åren förts bl a inom PAAG gruppen i NEA och CECs arbetsgrupp för naturliga analogier samt inom INTRAVAL.

Faktorerna är emellertid svåra att kvantifiera och det är än svårare att definiera den nivå av kvalitet och tilltro som erfordras. SKB bedömer det nödvändigt att fortlöpande diskutera frågeställningarna i takt med att säkerhetsanalyserna blir mer specifika vad gäller plats och systemutformning. Härigenom får bevisbarhetsaspekten en naturlig roll i valet mellan alternativ. En av utgångspunkterna för sådana diskussioner är hur de svenska acceptanskriterierna kommer att utformas.

SKB bedömer det önskvärt att den samverkan som etablerats internationellt och mellan genomförande och granskande organisationer fortsätter och vidareutvecklas.

SSI

Bedömningen av ett slutförvars förmåga att kvarhålla eller fördröja spridning av radioaktiva ämnen är utomordentligt komplicerad och kräver analys och synpunkter från ett flertal experter inom olika vetenskapliga områden. Beslutsfattaren som har att värdera alla dessa utsagor för att komma fram till ett beslut befinner sig i en mycket svår situation såvida inte alla olika experter har en samstämmig syn. Eftersom avfallsproblematiken omfattar en mängd olika discipliner kan det inte förväntas att en fullständig samsyn erhålles på alla delar och deras betydelse för förvarskonceptets funktionsduglighet. Detta grundläggande problem kan vara av väsentlig betydelse för beslutsprocessen när ansvariga beslutsfattare skall fatta avgöranden någon gång på 2000-talet.

En vetenskapsteoretisk utveckling av metoder och begrepp tillämpbara på en sådan beslutsprocess vore därför värdefull.

...

Den övergripande målformuleringen och härledda funktionskrav bör huvudsakligen baseras på samhällets behov av skydd mot joniserande strålning. Detta skydd måste då bli en avvägning mellan avfallets farlighet och de resurser samhället anser som nödvändiga att avsätta för att erhålla en acceptabel skyddsnivå. Vid en sådan avvägning vore det värdefullt att kunna göra jämförelser med andra långlivade giftiga ämnen som inte är radioaktiva.

...

I alla sammanhang som kräver skyddsåtgärder kommer ekonomiska aspekter in i bilden. Betalningsförmågan för skyddsåtgärder är inte i något sammanhang obegränsad. I SKBs FoU-program belyses frågan om hur man tekniskt skall optimera barriärfunktionerna. Inget sägs dock om vilka kostnader som anses rimliga för detta.

Inom strålskyddsverksamheten har under en lång tid principer utarbetats för hur ekonomiska aspekter skall tas med i beslutsprocessen. Dessa kriterier, vilka även beaktar sociala och samhällsliga aspekter, bör enligt institutets uppfattning vara tillämpliga även i avfalls-sammanhang.

* **SKB kommentar.** SKB delar SSIs uppfattning att det bör råda en balans mellan risknivåer från olika verksamheter och de kostnader samhället är beredd att acceptera för att ytterligare reducera risken. SKB har dock bedömt att jämförande riskstudier mellan olika verksamheter inte ligger inom SKBs mandat.

Den optimeringsfas som SKB planerar i slutet av 1990-talet syftar i första hand till att utforma slutförvaret med hänsyn till de på den då givna platsen förefintliga förhållandena. Härvid eftersträvas att på ett optimalt sätt utnyttja berget med alla dess varierande egenskaper och att uppnå balans mellan de tekniska och naturliga barriärerna.

SKB är däremot tveksam till möjligheten och lämpligheten att genomföra en regelrätt optimering enligt ALARA-principen.

NRPB

One aspect which does not appear to have been given as much attention as it should is that of inadvertent human intrusion. Intrusion, eg by deep drilling, is mentioned briefly [...]. The only consideration given to it is that presumably it will be examined in the review of scenarios to be carried out in 1987. The background report to the R&D programme, which discusses alternatives for repository designs and concepts, does not mention intrusion and says explicitly "groundwater is the only realistic transport medium for conveying radioactive materials from the (deep) repository to the biosphere". Elsewhere in the main report the text ap-

pears to have been written on the basis that movement in groundwater is the only relevant radionuclide transport mechanism.

The effects of intrusion could include modifications to the groundwater flow system in the near and/or far field geological environments, and transport of activity, again from the near or far field, directly to the surface environment. The approach should be

- i) to examine all the possibilities for types of intrusion,
- ii) to examine the factors which affect the likelihood of each type of intrusion arising, and
- iii) to examine the consequences of each type of intrusion.

* **SKB comment.** SKB has taken part, and will continue to take part, in the ongoing international discussions on human intrusion. No repository-specific work is foreseen until a layout and barrier system will be decided on (around 1994-1996).

NRPB

The lack of agreement in Sweden on the form of acceptance criteria for high level waste disposal clearly causes SKB difficulties in formulating their programme of work, particularly in the areas of biosphere studies and safety assessments. However, SKB could resolve these difficulties by adopting the overall radiological protection criteria given in ICRP Publication 46 as a basis for planning research and development. Use of these criteria would enable the results of any assessments made by SKB to be judged against internationally recommended standards, and intermediate assessment results could be used to judge compliance with other forms of criteria such as levels of radionuclide release into the biosphere.

TAC

Since realization of a performance assessment of a specific repository is site dependent, we feel that there is a strong need to formulate formal criteria in order to give the necessary clear definition to the design and work of the R&D programme. This formulation is also necessary for the early planning and establishment of a general quality assurance programme.

In the absence of formal criteria, we recommend that effort be devoted to anticipating likely and reasonable criteria and adopting working targets appropriately. A systematic review of international development in this area would prove very helpful.

* **SKB comment.** SKB is using and will use applicable parts of the ICRP recommendations as examples of how acceptance criteria can be defined.

IAEA

One area of safety assessment where increased effort is necessary is the consideration of scenarios and, par-

ticularly, of extreme or disruptive events. Most safety assessments up to now have concentrated on the base case, that is on the normally expected evolution of the disposal system from the expected conditions. Comparatively little has been said of disruptive events and they have rarely been dealt with in any systematic way. The necessity of such work has been recognized in the R&D programme. To analyze disruptive events means that new analytical models need to be developed and new assessment techniques need to be found. In this respect there is still unresolved question of how to deal with uncertainties and how to incorporate probabilities into the analysis. The Panel, therefore, welcomes the intention of SKB to further develop the probabilistic code PROPER, since such a code is valuable complement to deterministic analyses. From experience made with SYVAC, a similar code, it seems too optimistic to hope for a mature set of probabilistic models as early as 1989, but a useable set of models should be available.

* **SKB comment.** Scenario definition and scenario analysis has been studied both in Sweden and internationally during the last years. SKB considers it to be of value to adapt its efforts to the international development. A more detailed state of the art report on the subject is planned to 1992.

TAC

In the area of safety assessment, the goals stated appear to be consistent with the three phases of first assigning research priorities; secondly, optimizing performance, cost and safety; and lastly, demonstrating formally that safety requirements have been satisfied. While there is a real need to formulate formal safety criteria, at least in the interim, reasonably appropriate working targets should be adopted. The planned improvements to the research and assessment models are necessary for the development of more realistic models.

CEA

Utvecklingen av "geodatabasen" och PROPER-koden är första steget på denna väg. Emellertid bör en mera generell ram utarbetas genom etablering av säkerhets-kriterier, såsom den tid varje barriär kan beräknas hålla, eller tillämpning av ICRP rekommendationer. Det program som skall presenteras 1989 bör precisera vilka mål som måste uppnås som funktion av tidpunkterna för de val som skall göras.

* **SKB comment.** A guiding principle in SKB work has been to avoid to establish a set of acceptance criteria for subsystem performance until the barrier alternatives have been investigated and their interactions have been evaluated. Until those investigations have been made, national and international dose criteria have been used as recommended.

6.4 MODELLER OCH DATA FÖR FUNKTIONS- OCH SÄKERHETSANALYSER

Uppsala Univ.

Ett upphörande av barriärfunktionen hos någon enskilda eller flera komponenter i kedjan innebär inte nödvändigtvis att resultatet blir en otillåtet hög migration. Detta pekar mot nödvändigheten att söka uppskatta barriärfunktionen hos de olika komponenterna i probabilistiska termer. Huruvida detta är planerat eller ej framgår inte av forskningsprogrammet.

KASAM

Det som saknas i det nuvarande programmet är en arbetshypotes för, eller kanske bättre, en modell av osäkerheten i tidsutvecklingen.

SKI

Det behov av vidareutveckling av deterministiska modeller (analysmodeller) som föreligger beror på att i förväret ingående strukturer och processer behöver beskrivas mera detaljerat. Det finns osäkerheter beträffande grundläggande antaganden i modeller för t ex transport i sprickigt berg, eller beroende på att processer och kopplingar mellan processer inte tillräckligt beaktats. Det är inspektionens uppfattning att dessa modellutvecklingar ingår i det förelagda FoU-programmet men det framgår inte om SKB avser att ge dem tillräcklig tyngd.

...

Behovet av vidareutveckling av analysmodellerna inom olika delområden har behandlats [tidigare]. Sammanfattningsvis kan sägas att vidareutvecklingsbehovet är stort beroende på bl a att:

- ingående strukturer och processer behöver i vissa fall beskrivas mera detaljerat,
- det finns grundläggande osäkerheter beträffande relevanta konceptuella modellantaganden för t ex transport i sprickigt berg,
- vissa processer och kopplingar mellan processer av potentiell betydelse (hydrologi-kemi-bergmekanik-värme) har ännu inte beaktats i tillräcklig utsträckning.

Det är inspektionens uppfattning att dessa modellutvecklingar ingår i det förelagda FoU-programmet men det framgår inte om SKB avser att ge dem tillräcklig tyngd.

* **SKB kommentar.** SKB delar inspektionens uppfattning att de uppräknade vidareutvecklingsbehoven är högt prioriterade. Förhoppningsvis framgår av FoU-program 89 att de har tillräcklig tyngd i detta. Ett av målen med programmet är att få en bättre uppfatt-

ning om säkerhetsmarginalerna än vad som varit möjligt i exempelvis KBS-3.

TAC

We feel that realization of all the planned changes [in the PROPER code] will produce more realistic models and reasonable results.

SKI

SKB har även påbörjat utvecklingen av probabilistiska modellsystem som enligt SKB skall användas för tillämpningar år 1989. Inspektionen vill betona att användningen av deterministiska och probabilistiska modeller bör ses som kompletterande metoder i en säkerhetsanalys. Utvecklingen av en probabilistisk modell medför inte att behovet av detaljerade deterministiska modeller minskar.

...

Inspektionen är övertygad om att utvecklingen av probabilistiska modellsystem är nödvändig och att de kommer att ha en viktig funktion i framtida säkerhetsanalyser. Deras exakta roll i dessa analyser är bl a med hänsyn till problemet med ingångsdata ännu inte klarlagd. Detta kan emellertid endast ske genom fortsatta utvecklingsarbete och tillämpningar. Inspektionen bedömer därför SKBs satsning på PROPER som väl motiverad.

...

Inspektionen vill betona att användningen av deterministiska och probabilistiska modeller måste ses som kompletterande metoder i säkerhetsanalysen. Utvecklingen av PROPER-systemet medför inte att behovet av detaljerade deterministiska modeller minskar. De probabilistiska undermodellerna måste baseras på samma konceptuella antaganden som analysmodellerna samt verifieras och i övrigt jämföras med dessa. Med hänsyn till ovan förutsedda starka utveckling av analysmodellerna är det angeläget att utveckling och tillämpning av probabilistiska system sker i nära samarbete med det grundläggande arbetet på analysmodellerna.

VTT

The methods for safety analysis of waste disposal should be further developed and applied in such a way that detailed analyses with a chain of research interface models and probabilistic system analyses complement each other. In the safety analyses the unlikely disturbed evolutions of conditions and disruptive events should be quantitatively considered. In the presentation of the results of safety assessment it is recommendable to employ various impact indicators in parallel to better illustrate the risks caused by waste disposal and to put them into perspective with other natural or human-caused risks in the society.

* **SKB kommentar.** Probabilistiska och deterministiska modeller avses användas som komplement till varandra.

SKI

SKB har i sitt FoU-program givit relativt stort utrymme åt validering av transportmodeller. Detta är enligt inspektionens uppfattning väl motiverat. Det är mycket angeläget att arbetet bedrivs i nära samarbete mellan modellutvecklare och experimentalister.

...

Stora verifieringsövningar har genomförts inom INTRACOIN- och HYDROCOIN-projekten. Inspektionen noterar med tillfredsställelse att SKB även deltar i det av OECD/NEA ledda projektet för verifiering och andra studier av probabilistiska modeller. Allteftersom modellerna vidareutvecklas och att nya konceptuella modeller införs i säkerhetsanalysen kommer behov av nya verifieringar att uppstå.

...

Av FoU-programmet framgår att SKB avser att understödja PROPER-modellen med fortlöpande utvecklingsarbete rörande rutiner för utnyttjande av databasen. Med tanke på vad som tidigare framförts beträffande problemen med ingångsdata till de probabilistiska modellerna instämmer inspektionen i att detta är ett angeläget arbete. Inspektionen förutsätter också att SKI ges full insyn i och tillgång till SKBs databas.

SSI, fru Hambraeus

När man räknar med konsekvenser för tusentals år måste andra sakkunniga än tekniker och naturvetare anlitas. Kärnkraftföretagen bör åläggas forskningsprojekt där historisk, sociologisk, organisationsteoretisk och annan beteendevetenskaplig expertis engageras.

VTT

The role of using detailed research models in acquiring comprehensive assurance that all relevant phenomena have been taken into account in overall safety analyses could have been emphasized more, because, the probabilistic system analysis codes cover only one side of the whole complex picture.

...

An example of the modelling uncertainties is matrix diffusion. An "unlimited" matrix diffusion approach has been used by SKB. This approach is based on an assumption of homogeneous microfracturing of the intact rock. On the other hand, a more pessimistic conceptual model with a limited penetration depth of matrix diffusion has been applied by NAGRA and VTT.

The R&D programme of SKB for the years 1987-1992 is concentrated on developing and applying of the probabilistic system analysis code PROPER. Consequently, the programme addresses mainly the parameter-bound uncertainties. One should, however, bear in mind that the questions associated e.g. with the role of professional judgement are not avoided by applying probability distributions instead of singular values for the parameters.

* **SKB comment.** The concept of matrix diffusion is based on a number of investigations of the connected micropore system of granitic rock. This includes among other things in-situ measurements in Stripa which have been going on since 1981 (SKB Technical Report TR 88-08).

NRPB

The increased emphasis on quantification of uncertainties is to be welcomed and is consistent with international developments. However, SKB do not appear to fully appreciate that generating parameter distributions for uncertainty analysis is far more time-consuming than developing the models and techniques and carrying out the calculations. Work in this area should begin as soon as possible, so that the experts who will need to provide parameter distributions for later studies become acquainted with uncertainty analysis requirements and can bear them in mind when reviewing experimental results and formulating further research proposals.

* **SKB comment.** The main reason for SKB to devote a substantial fraction of its research effort during 10 years into building up the geodata information has been the awareness of the importance of a good database, including distributions, in an area not as available for quality control measures as engineered barriers. The iterations in repository development – from design modifications to safety assessments and back again – serves the purpose of integrating the work of various groups and to establish a common understanding of what is of relevance for the safety.

TAC

The detailed research-related models are developed based on basic scientific and technical work, both in the field and in the laboratory. It is recognized that these models are "often too complicated and deal with a far too narrow area to be used in overall assessments of repository performance" (SKB-Programme '86) but their results are expected to be used as input data to the second level assessment models. We appreciate the practicality and, in some cases, the necessity of adopting this approach. It is essential that the relationship between the models of the two levels be clearly defined. A rigorous procedure of documentation must be established to ensure the proper and consistent passing of information between the two types of models. One of the features this framework must provide is an easily understandable "audit trail" so that the inevitable changes in data, parameter values, formula changes and model modifications can be made easily and without mistakes. This feature is also necessary for a proper and meaningful peer review of the performance assessment at various stages in the programme.

* **SKB comment.** SKB agrees.

TAC

Efforts should be made at an appropriately early stage to assess whether hardware and software resources would be adequate to meet the demands of the anticipated increase in database size. This becomes an especially important factor if the detailed research models are also to be implemented with the same resources.

* **SKB comment.** As a consequence of such an overview SKB has recently installed a substantially enlarged capacity.

TAC

Clear documentation at every stage of the development process must be a top priority to ensure that changes and modifications are made correctly, as well as to aid in the subsequent review process.

Finally, consideration should be given to adoption of an appropriate specification language in order to facilitate the errorfree construction and subsequent modifications of computer models.

NEA

The reviewers noted that the section on safety assessment deals primarily with prediction of overall system performance, the goals of which are endorsed. The other goals of performance assessment (e.g. optimization of the system, planning of site characterization strategies, etc.) are not explicitly emphasized. However, in discussion it was ascertained that the intermediate results from performance assessment are indeed adequately reflected in the rest of the R & D programme, in particular in establishing research needs.

NIREX

You should now consider doing trial assessments using the best available data. We believe this is essential to help in focussing the programme. It appears that your PROPER model needs development, which may be urgent if you wish to use it for evaluation of designs and sites in 1989.

* **SKB comment.** The safety analysis called SKB 91 is an example of such an trial assessment.

6.5 GENOMFÖRANDE AV FUNKTIONS- OCH SÄKERHETSANALYSER

STUDSVIK

Tillämpning av den föreslagna KBS-3-metoden för direktdeponering medför att stråldosen vid utnyttjande av en slutförvaret närliggande grundvattentäkt blir obetydlig i förhållande till variationen i naturlig strålmiljö, där boendet i radonhus utgör ett extremfall. Det finns därför goda grunder att, åtminstone för ogynnsamma scenarier, acceptera att mycket lokala stråldo-

ser tillåts uppgå till 0.01–0.1 Sv/år, dvs området för naturlig variation av vår strålmiljö. Det är inte rimligt att till mycket stora kostnader överdimensionera förvaret för att undvika den nämnda dosnivå i omedelbar närzon efter nästa istid. Denna aspekt bör aktualiseras i samband med utarbetande av acceptanskriterier och bearbetas parallellt med överväganden om att undvika grundvattenrecipienter genom förläggning till kustområden.

IAEA

The second [missing factor is] the role an integrated safety assessment can play in steering and site-selection. Again, no in-depth assessments are called for, but the Panel recommends that integrated assessments be used from time to time as an instrument to assess the value of the research results, to set new priorities where necessary, and to give guidance in site-selection. A series of simplified assessments and sensitivity analyses would be opportune in 1989, to allow research to be focussed on key issues in the early 1990s.

SKI

En lämplig metod att bättre kunna bedöma forskningsprogrammet mot det behov som härrör från platsval och förvarsutformning är, enligt inspektionens uppfattning, att genomföra sammanhållna säkerhetsanalyser på liknande sätt som för KBS-3-konceptet. En redovisning av resultaten från sådana säkerhetsanalyser kan ske i samband med redovisningen av FoU-programmet, dvs nästa gång år 1989, och ingå som ett led i ett fortlöpande åsiktsutbyte mellan SKB och SKI.

* **SKB kommentar.** SKB har funnit, vad gäller fullständiga säkerhetsanalyser, att de får en naturligare fokusering om de knyts till väsentliga beslutstillfällen i tidplanen för förvarets genomförande. Exempelvis lokaliseringen av platser för detaljundersökningen, valet av barriärer etc.

SKI

SKI anser att en övergripande säkerhetsanalys av WP-Cave är nödvändig om man skall kunna göra en riktig bedömning av konceptets potential som ett alternativ.

...

För att möjliggöra en verklig prövning av WP-Cave i förhållande till KBS-3 bör en säkerhetsanalys genomföras till minst samma omfattning och detaljnivå som för KBS-3-rapporten. Med tanke på att WP-konceptet nu varit föremål för utredning under ett antal år och att huvudprinciperna för slutförvarsmetod bör vara klarlagda före platsurvalet borde säkerhetsanalysen kunna genomföras och redovisas i anslutning till 1989 års FoU-program.

* **SKB kommentar.** Analysen har genomförts till den nivå som är nödvändig för att kunna välja en hu-

vudlinje för SKBs framtida FoU inriktning, se SKB Technical Report TR 89-20.

SKI

Ett genomförande av SKBs program inom säkerhetsanalysområdet förutsätter en väl utvecklad datorstrategi, främst vad gäller de mycket tunga tillämpningarna.

* **SKB kommentar.** SKBs strategi för datorberäkningar framgår av FoU-programmet. Den nyligen inköpta CONVEX maskinen syftar till att fylla behovet av tunga tillämpningar.

NRPB

While the objective of identifying radionuclides which are "uninteresting" is laudible, it is difficult to see how this can be done without agreement on acceptance criteria for disposal, and without the results of sensitivity and uncertainty studies. It is also arguable whether the best approach is to proceed on a radionuclide by radionuclide basis. The alternative and, in our view, preferred approach would be to initially carry out all the PROPER calculations with the whole radionuclide inventory, then identify those radionuclides which, under all circumstances, make negligible contributions to individual and collective doses and risks.

SKI

Vad gäller några av de ovan angivna nukliderna (jod-129, kol-14 och cesium-135) konstaterar SKI att de i vissa KBS-3-scenarier dominerade riskbilden. För jod-129 och cesium-135 gäller dessutom, att deras bidrag till framräknade doser i centralscenariet i KBS-3 på grund av deras förekomst som "spaltaktivitet" var beroende av en svåruppskattad parameter (tidsperiod för kapselgenombrott).

Resultaten från KBS-3 säkerhetsanalys tyder således på att dessa nuklider bör studeras närmare, speciellt med avseende på deras frigörelse från bränslet vid kapselgenombrott. Inspektionen utgår dock från att dessa studier sker förutsättningslöst och med hjälp av säkerhetsanalyser som tar hänsyn till de nya rön som kan framkomma vid undersökningar av processer i slutförvar, geosfär och biosfär.

...

Det är inspektionens uppfattning att säkerhetsanalysens möjligheter att tjäna som drivkraft för FoU-programmet inte till fullo har kommit till uttryck i SKBs rapport. Detta kan till viss del förklaras med att kärntekniklagen inte direkt framtingar något "KBS-4". Det torde emellertid i praktiken komma att bli omöjligt att genomföra FoU-programmet med metodval och platsurval utan sammanhållna säkerhetsanalyser av samma eller större omfattning än KBS-3. Det är också inspektionens uppfattning att sådana säkerhetsanalyser är synnerligen önskvärda.

* **SKB kommentar.** SKB delar uppfattningen att funktions och säkerhetsanalyser är nödvändiga för att sammanväga betydelsen av ett flertal parametrar. Sådana analyser utgör också väsentliga delar i SKBs strategi.

SKI

Det är inspektionens uppfattning att säkerhetsanalyser av tänkbara slutförvar på aktuella platsområden bör göras i anslutning till 1992 års FoU-program. Dessa säkerhetsanalyser bör dels ge underlag för en preliminär bedömning av platsernas lämplighet ur säkerhetssynpunkt och dels ge riktlinjer för det detaljerade undersökningsprogrammet för valda områden. Det förutsätts att säkerhetsanalysens metoder och modeller vid denna tidpunkt har vidareutvecklats så att avsevärda framsteg har gjorts bl a beträffande punkterna a) till g) ovan. I jämförelse med KBS-3 blir därmed säkerhetsanalysen för de aktuella platserna betydligt mer omfattande.

* **SKB kommentar.** SKB 91 fyller den avsedda rollen. Eftersom förundersökningarna av kandidatplatserna för detaljerade geoundersökningar inte påbörjas före 1992 kommer plats-specifika data att utvärderas i form av variationsanalyser med SKB 91-metodik.

SKI

Inspektionen vill slutligen betona betydelsen av att utveckling och tillämpning av säkerhetsanalysens metoder och modeller integreras med FoU-programmet i sin helhet. Bland annat bör platsundersökningsprogrammet i alla faser utformas så att det ger för säkerhetsanalysen relevant dataunderlag och så att det efter hand kan påverkas av säkerhetsanalysens resultat. Kärnkraftinspektionen har för sin del påbörjat ett särskilt arbete, Projekt-90, som utgör ett första steg i arbetet med att ta fram krav på redovisning av bl a platsområdets egenskaper i en tillståndsansökan. Inom den närmaste framtiden kommer typiska KBS-3 data att användas som ingångsvärden till Projekt-90. För det framtida arbetet är det därför även för inspektionens del av stor betydelse att av SKB nyvunna forskningsresultat och nya platsundersökningsdata sammanställs och utvärderas i sammanhållna redovisningar som resulterar i säkerhetsanalyser.

VTT

Analysis of behaviour of the canister-buffer system in rock movements and studies on horizontal movements

would be desirable to facilitate the comparison of different alternative repository concepts taking into account a representative spectrum of different scenarios. The risk assessments considering postglacial movements and deglaciation earthquakes should be included in the evaluation phase of disposal concepts.

* **SKB comment.** A comparison of the consequences of low probability events will only affect the relative merits of repository concepts that otherwise could not be separated.

NRPB

While SKB will not take the final decisions on the site to be used and the disposal system to be adopted, presumably they will have to identify their preferred site and system and explain the reasons for their preference. This will involve comparing sites and systems on the basis of a number of factors, as is indicated in the background report on alternative disposal methods. Various techniques can be used to aid these comparisons; one obvious example is multi-attribute utility analysis, which is being used in the US and the UK to assist radioactive waste disposal decisions. The application of these techniques is not straightforward in cases where there are uncertainties in the factors on which comparisons are based, as is clearly true for waste disposal. However, it is important that such techniques are used because they promote a structured approach to decisions and, through identification of the most important factors, help in assigning research priorities. In view of this, and the increasing emphasis being given internationally to formal decision-aiding techniques, it is somewhat surprising that SKB do not appear to plan to carry out any work in this area and that there is no indication of the way in which optimization studies will be undertaken. The focus seems to be on obtaining information to be used in comparisons and optimizations, with no development of methods for doing them.

* **SKB comment.** It is important that decisions are taken with full awareness of the uncertainties involved. Sometimes formal decision-making techniques are exposing these uncertainties, sometimes they tend to hide them in a fuzzy region of value judgements. SKB believes it is important that the process of taking decisions under uncertainty is discussed between SKB and authorities.

III ALTERNATIVA SLUTFÖRVARINGS- METODER

1 ALLMÄNT

VTT

The background report "Alternative disposal methods" provides an interesting and diversified compilation of potential disposal methods.

Sthlm Univ.

Det är viktigt, inte minst för den interna kritiken då program och metoder börjar bli etablerade, att delvis utomstående svenska forskargrupper engageras i ett förutsättningslöst studium av för SKB viktiga, alternativa problemlösningar.

* **SKB kommentar.** SKBs internationella kontakter syftar bl a till att möjliggöra en uppföljning av förvarskoncept som skiljer sig från de som prioriteras i Sverige. SKN har dessutom under det senare året gett ekonomiskt stöd till en tvärvetenskaplig grupp inom KTH som studerar alternativa utformningar av slutförvar.

CEA

Det föreslagna programmet ger ibland intrycket att vissa "alternativstudier" (exempelvis beträffande gabbro eller en del förvaringsprinciper) endast har till uppgift att göra undersökningarna heltäckande. Andra studier, t ex beträffande materialet i kapslarna (termodynamiskt stabila material såsom koppar, inerta material som rostfritt stål eller titan, korroderande material som stål eller bly, ej metalliska material som keramer eller cement) återspeglar däremot en mer "öppen" problemställning.

* **SKB kommentar.** Samtliga alternativstudier som görs av SKB syftar till att klarlägga hur verksamheten skall fokuseras med bibehållen potential för att kunna konstruera och lokalisera ett säkert förvar.

VTT

Taking into account on the one hand the large number of possible repository concepts and on the other hand the fact that according to generic safety assessments the reference design (KBS-3) already fulfils quite stringent safety objectives, somewhat cautious approach should be followed in the consideration of alternative solutions. In our view it is better to make detailed comparative analyses for a restricted number of alternatives rather than superficial consideration of many alternatives. In addition, to better maintain a balanced consideration of different concepts it might be better to avoid changing the basic approach too drastically and in too many respects at a time. Furthermore, keeping in mind the rational allocation of monetary resources available in the communities in general

for reducing environmental impacts it is doubtful whether more expensive and much more sophisticated disposal systems could be cost-effective. In this respect it is well motivated that SKB has proposed that the alternative concept studies each commence with a cost analysis enabling a realistic comparison of various options.

NEA

With regard to the actual execution of the R&D programme and its impact on the overall strategy schedule, i.e. having a repository starting operation in 2020, the reviewers stressed that such an objective would be likely to be achieved only if progressive focussing of the R&D activities were allowed. Therefore, the reviewers considered that some of the alternatives presently under study would have to be evaluated and either rejected or selected for exclusive development in the not too distant future in order to make the R&D efforts both cost-effective and more certain to lead to an acceptable final repository system in the desired timescales.

IAEA

The review of the alternatives to the KBS-3 concept presents clearly and concisely the advantages and disadvantages of each alternative, indicates the additional information and R&D needed and whether this will be available from other national programmes. However, the document does not discuss what the interrelationships or impacts of choosing alternatives to the KBS-3 concept would be or the relative priorities for additional R&D in other areas and whether this research could be successfully completed within the current schedule for making the choice of a disposal method in 1995.

There is not always a clear link between the requirements for research identified in the review of alternatives and the R&D programme. There appears to be no strategic plan for the research on alternatives, linked clearly to comparative safety and feasibility assessments with milestones for decision-making. This document and the R&D Programme 86 document presuppose that much of the information on alternatives will be available from other national R&D programmes by 1995 at least. Some of these R&D programmes might well be mature. However, others may have been terminated. Consequently there is no guarantee that all information needed to be able to make a choice between alternatives in 1995, will be available.

* **SKB comment.** As the alternatives are investigated their consequences to the R&D program are evaluated, in fact sometimes the difference in the required R&D is a major distinction between the alternatives.

KVA

Betydelsefulla förbättringar av metoderna för slutförvaring kan förutses för de närmaste decennierna, innan deponering blir aktuell. Det är därför väsentligt att Sverige inte tar slutförvaret i bruk tidigare än andra stater, med vilka ett samarbete på detta område pågår.

SSI

Institutet ser dock som lämpligt att parallellt med den målinriktade forskningen, som avser att utvälja två typområden år 1992, också att ett mer grundforskningsbetonat program kvarhålls så att till exempel djupa borrhål eller torra förvar fortfarande kan framstå som fullt realiserbara alternativ.

2 SYSTEMATIK

IAEA

The requirements to investigate alternative disposal methods to KBS-3 has implications for the re-direction of the geoscience research programme. Some of the alternatives are sufficiently similar to KBS-3 that much of the current information can be used together with a small broadening of the planned research. For example, the WP-Cave concept would require an extension of the temperatures from 100 to 150°C for studies on thermomechanical effects. Other concepts such as above the water table disposal or deep borehole disposal require a significant degree of new research. The Panel cautions that all of these options cannot be studied to the same degree and it is unlikely that all of the different methods will be available for licensing in the year 2,000.

* **SKB comment.** If there are clear indications that an alternative or a barrier is less favorable or requires substantially more research compared with others, it will be culled out at an early stage. It is not intended that more than one will be developed into a level required for licensing.

Avfallskedjan

. . . ett principiellt resonemang [förs] under rubriken "Platsanknutna alternativ". Resonemanget är ytterst oprecist och substanslöst. Vi efterlyser en systematik i platssökandet som åtminstone har samma ambitionsnivå som när man söker plats för tippning av vanligt hushållsavfall.

* **SKB kommentar.** Systematiken i att lokalisera ett slutförvar revideras fortlöpande. I FoU-program 89 redovisas den i del II, kapitel 2.

SGI

Att välja alternativ behöver inte innebära ett ovillkorligt val av ett visst integrerat system. Det kan också innebära att man väljer delar av ett alternativ och tillämpar dessa i ett annat. Bland alternativen till principiella systemlösningar nämns t ex "WP-Cave" som tillämpar principen hydraulisk bur. Denna princip borde lika gärna kunna tillämpas på ett förvar som utformats enligt huvudkonceptet (KBS-3-modellen) med den modifieringen att tunnlarna drivs igenom de sprickzoner som omger förvarsplatsen. Deponeringshålen med kapslarna tätas i sin fulla volym med t ex högkompakterad bentonit, medan endast tunnlarnas nedre del tätas och enbart fram till sprickzonerna. Resterande del av tunnlarna fylls med sprängsten. De dränerande tunnlarna kommer att utjäma gradienterna runt bergplinten med förvaret till små belopp, vilket reducerar vattenflödet inom avtätade delen av berget där kapslarna befinner sig. Denna modifiering bör också utredas liksom möjligheten och nyttan av att finna en förvarsplats med en naturlig "hydraulisk bur" bestående av mot varandra lutande skjuvzoner så som SGI föreslog 1980 för förvaring av låg- och medelaktivt avfall.

* **SKB kommentar.** SKB delar uppfattningen att en barriärutformning inte behöver vara knuten till en speciell förvarsutformning, vilket också framgår av både FoU-program 86 och 89. Sprickzoners funktion som preferentiella strömningsvägar är en viktig del i platsens hydrogeologiska egenskaper.

3 ALTERNATIVGENOMGÅNG

SKI

Enligt kärntekniklagen skall FoU-programmet vara allsidigt. SKB har angivit att förvaring av högaktivt avfall från upparbetning av använt kärnbränsle inte behandlas men att det finns ett visst intresse att följa utvecklingen inom upparbetningsområdet. SKI frågar sig om en sådan begränsad uppföljning är tillräcklig eller om det arbete som redovisades i KBS-1 borde kompletteras med en något mera aktiv insats.

...

SKI finner att den avvägning som SKB gör av FoU-satsningen på olika alternativ verkar rimlig, men vill framhålla, att säkerhetsaspekten vid det slutliga valet av plats och metod är den dominerande faktorn och att denna faktor måste ges en tillräcklig tyngd vid val av alternativ.

3.1 PRINCIPIELLA SYSTEM-LÖSNINGAR

NEA

The supporting document on alternative disposal methods adequately presents the rationale behind the consideration of the various alternatives. It gives satisfactory explanations behind the choice of alternatives for further study i.e. why some are excluded and others chosen for further study.

Given the absence of specific criteria for the choice of the final disposal system and site selection, it may be difficult to judge whether or not a "new better method emerges" during the course of the R&D programme.

...

On the particular issue of alternatives, it is recommended that close and continuing exchanges take place between SKB and SKN, over and above the tri-annual review stipulated by law, so that progressive focussing of the R&D can take place.

...

The reviewers recognised the desirability of considering alternatives in the R&D programme but expressed concern at the potential diversion of resources if radically different alternatives are pursued which cannot utilise the large body of knowledge developed so far.

KTH

Förslaget WP-Cave måste utredas ytterligare. Detta är ett koncept som i sig innehåller många komponenter av olika grader av komplexitet men som är intressant.

SKI

anser att en övergripande säkerhetsanalys av WP-Cave är nödvändig om man skall kunna göra en riktig bedömning av konceptets potential som ett alternativ.

...

För att möjliggöra en verklig prövning av WP-Cave i förhållande till KBS-3 bör en säkerhetsanalys genomföras till minst samma omfattning och detaljnivå som för KBS-3-rapporten. Med tanke på att WP-konceptet nu varit föremål för utredning under ett antal år och att huvudprinciperna för slutförvaringsmetod bör vara klarlagda före platsurvalet borde säkerhetsanalysen kunna genomföras och redovisas i anslutning till 1989 års FoU-program.

* **SKB kommentar.** Studien har genomförts under 1989. Analyserna har genomförts till en nivå där en klar skillnad kan ses för den forskning som erfordras för att realisera alternativen.

Sthlm Univ.

Genom förlängning av driften vid det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, vilket kan vara ekonomiskt gynnsamt, skulle hanteringen av kärnbränslet vid den slutliga deponeringen bli något enklare genom att bränslets strålningsintensitet och temperatur skulle bli något lägre. Men främst skulle det kunna minska radiolysens kemiska effekter på omgivande vatten och genom temperatursänkningen kunna leda till att buffertmaterialets önskvärda svällningsförmåga bättre bibehölls.

* **SKB kommentar.** SKB tidplan har baserats på en önskan att slutförvaringen skall kunna genomföras av den generation som också dragit direkt nytta av energiproduktionen. Möjligheter till ändrade tidplaner och deras konsekvenser har utretts på begäran av SKN (Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle. Konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader. SKB i december 1985).

Gbg Univ.

Mot bakgrund av de höga krav som måste ställas på ett förvar för slutlig kvittblivning kan det befinnas nödvändigt att som alternativ pröva tillsvidareförvaring under kontrollerade betingelser. Fakultetsnämnden menar således att man bör utvärdera förvaring i torra berggrum under full kontroll och bevakning. Detta innebär givetvis konsekvenser för kommande generationer som måste beaktas vid en total bedömning av kärnkraftens risker och kostnader.

SKI

SKI har tidigare framhållit vikten av att SKB undersöker hur förvarets placering på olika djup påverkar säkerheten. Det finns enligt inspektionens åsikt inte något sådant tekniskt underlag framtaget som entydigt visar att just 500 m är det lämpligaste förvarsdjupet. I alternativrapporten tar SKB emellertid upp frågan om förvar i borrhål på mycket stora djup (5-10 km). Det påpekas, att utveckling av ny teknik för djuphålsborrning i dag bedöms så dyrbar och långsiktig, att SKB enbart avser att följa redan pågående teknikutveckling som genomförs för andra ändamål. SKI anser att denna möjlighet bör hållas öppen men har förståelse för att SKB vill avvakta resultat från pågående djuphålsborrningar.

Sthlm Univ.

Idealiskt vore om man kunde finna ett helt torrt slutförvar, eftersom då hela problemet med vattentransport av avfallsprodukter mot biosfären skulle försvinna. Två extrema alternativ ges därvid i naturen. Dels kan sådana områden finnas i höga bergsmassiv, där grundvattnet i förhållande till bergets yta kan vara starkt försänkt, dels kan de också uppträda i mycket djupa schakt, belägna flera kilometer under jordytan. I det förstnämnda fallet torde säkerhetskraven inte kunna uppfyllas med betraktande av vad främst påfrestningarna vid en ny istid skulle kunna medföra. Det andra alternativet skulle bli mycket dyrt och med skäl kunna betraktas som onödigt säkert i förhållande till kostnaden. Det bör dock vara av intresse att undersöka, eftersom man också är intresserad av omfattningen av sprickbildningen på sådana djup.

NIREX

Deep hole deposition. This appears attractive technically, but we think the cost would be prohibitive compared with the alternatives.

* **SKB kommentar.** Vissa studier av det djupare bergets egenskaper har gjorts i anslutning till det s k djuphålskonceptet. Djuphålsdeponering som förvarsprincip planeras kunna jämföras med KBS-3 under 1990.

NIREX

Systems above the water table, and WP-Cave, all these appear to rely on complex engineering features, some of which would require maintenance and repair for very long periods – at least 1,000 years is suggested. What happens after this, and what is the effect on safety? In the UK we must consider safety for an indefinite period, and we refer to millions of years, still a short time in geological terms.

3.2 PLATSANKNUTNA ALTERNATIV

VTT

Analysis of behaviour of the canister-buffer system in rock movements and studies on horizontal movements would be desirable to facilitate the comparison of different alternative repository concepts taking into account a representative spectrum of different scenarios. The risk assessments considering postglacial movements and deglaciation earthquakes should be included in the evaluation phase of disposal concepts.

* **SKB comment.** The mentioned scenarios will be investigated during the coming three year period. However, SKB considers it important that alternatives are primarily compared with regard to the most probable scenario, ie no postglacial movements through the repository.

Avfallskedjan

SKB [ger] undersökningar i bergarten gabbro låg prioritet. Detta är anmärkningsvärt eftersom SKN exempelvis i en skrivelse till SKB 1986-03-18 framhållit att gabbro bör undersökas.

SIG

Berggrunden som barriär synes enligt FoU-program 86 inte längre få den betydelse som de konstgjorda barriärerna, kapsel och kompakterad bentonit. Institutet anser att det är en olyckligt vald strategi att nu utgå ifrån att endast ett fåtal ytterligare gnejs- eller granitområden behöver undersökas innan ett definitivt platsval görs.

När det gäller frågan om förvar i gabbroformationer finner vi – liksom utredningen – att underlaget för val egentligen är otillfredsställande. Vi delar emellertid också utredningens slutsats att sannolikheten är liten att man kan finna en tillräckligt stor och ur alla synpunkter lämplig gabbrokropp. Sannolikheten att finna ytterligare, lämpliga gnejs- eller granitområden bedömer vi däremot som betydligt större. Vi föreslår därför att insatserna i stället läggs på att systematiskt granska fler av de sistnämnda bergartstyperna.

STUDSVIK

delar åsikten att alternativet gabbro inte behöver ägnas fortsatt uppmärksamhet.

KASAM

Förläggning i berg under brackvatten/saltvatten behandlas relativt optimistiskt men bortser förmodligen från möjligheten att sådana platser kan vara utströmningsområden för djup cirkulerande grundvatten.

Frånvaron av horisontella tryckgradienter i ett förvar garanterar inte frånvaron av vertikala gradienter.

SGU

Bedömningen att gabbromassiv av tillräcklig storlek saknas i Sveriges berggrund bedöms av SGU som missvisande och felaktig. Då det är klart att skillnader i grundvattenkemi och bergets sammansättning påverkar korrosion av skyddsmaterial och lösning, transport och utfällning av kemiska komponenter i avfallet, bedöms det som väsentligt inför kommande beslut att åtminstone något område med basiska bergarter undersöks på samma sätt som övriga typområden. Helst borde man välja typområden i dioriter, gabbro eller ultrabasiska bergarter. Sådana undersökningar måste starta omgående för att kunna vara avslutade 1992.

NFR

Det är beklagligt att undersökningarna på gabbromassiv inte kunnat genomföras. Denna bergartstyp har som förvaringsplats goda egenskaper såväl ur tätningssynpunkt som ur geokemisk synpunkt.

SKI

SKB konstaterar i FoU-86 att fortsatta studier av gabbroförekomster inte är angelägna. Ett skäl är att det enligt SKB torde vara förhållandevis svårt att finna tillräckligt stora och homogena formationer av denna i Sverige relativt ovanliga bergart. Dessa omständigheter måste enligt SKI beaktas.

CTH

Ett klokare beslut synes vara att först verkligen kartlägga landets gabbromassiv och söka skaffa sig en tredimensionell bild av dessa, innan man fattar det slutliga beslutet om var slutförvaret ev skall förläggas.

TAC

Gabbro, and its metamorphic equivalents, are well known to be associated with certain types of mineral deposits including platinum group elements, chomite deposits, copper/nickel deposits, etc. A de-emphasizing of gabbroic rocks as potential hosts for a waste repository in Sweden therefore seems appropriate in view of the success in finding acceptable rock quality within the granitic suite of rocks.

...

The emphasis on gneissic and granitic rocks as the potential host for a waste repository is appropriate. The research plan for the study of possible sites seems comprehensive, appropriately flexible and appears to follow sufficient time for a careful evaluation.

* **SKB kommentar.** SKB har låtit SGU komplettera inventeringen av gabbromassiv. Kompletteringen föranleder ingen ändring av de slutsatser som dragits – att det är svårt att i Sverige finna tillräckligt stora homogena gabbroformationer.

SKI

SKB går i forskningsprogrammet inte närmare in på djupets betydelse för ett slutförvar ur säkerhetssynpunkt och teknisk synpunkt. Inspektionen anser det viktigt att SKB tar fram ett program som allsidigt belyser de faktorer som är av säkerhetsmässig betydelse för val av förvarsdjup. Ett sådant program bör även återspeglas i de kompletterande undersökningarna i typområdena.

* **SKB kommentar.** Betydelsen av djupet för förvarets säkerhet avses att studeras bl a genom vissa variationsanalyser i SKB 91.

3.3 SPRIDNINGSHINDRANDE ARRANGEMANG

KTH

Vi har svårt att förstå att endast kolstålsalternativet diskuteras i samband med konceptet med hydraulisk bur.

SKI

Utnyttjandet av järn och betong i slutförvarssammanhang är en viktig forskningsuppgift, enligt inspektionens åsikt.

...

SKI delar SKBs inställning att en ingående inventering av alternativmaterial för kapsling bör göras innan slutligt val sker men anser att det i ett inledande skede kan vara lämpligt att studera två eller flera material inom de huvudalternativ som SKB anger, t ex att bland passiva material förutom titan också granska rostfritt stål. Den föreslagna tidsåtgången verkar tillräcklig för kopparundersökningarna men kan komma att visa sig något kort för alternativmaterialen om beslutsunderlag skall föreligga omkring år 1995.

* **SKB kommentar.** Järn/stål studeras som material i förvaret även oberoende av WP-Cave studierna.

KASAM

Strömningshinder i form av hydrauliska burar bedöms något skeptiskt i underlagsrapporten medan tätinjektering bedöms optimistiskt. Som exempel nämns att tilltappning av någon kanal i en hydraulisk bur kan medföra ogynnsamma gradientsituationer i avfallets närzon. Att den möjligheten också existerar vid tätinjektion har tydligen förbisetts.

TAC

Well-defined research requirements are presented for injection grouting of rock fractures as one of the alternatives in the category of flow barriers. At the present general state of knowledge, we consider this to be an area for high priority.

* **SKB kommentar.** SKB har inte studerat något sammanhållet koncept som för sin säkerhet är beroende av tätinjektering. Studier rörande teknikens möjligheter och dess begränsningar pågår dock i Stripa.

SKI

SKB nämner användning av tillsatsmaterial för kemisk konditionering som en alternativ metod för utformning av lerbuffertar som en inblandning av mineral med tvåvärt järn. Av FoU-programmen framgår att stabiliteten hos sådana materialkombinationer måste säkerställas. Inspektionen vill framhålla att motsvarande insatser också är nödvändiga i samband med val av alternativa kapslingsmaterial, inte minst kolstål, samt i det fall man överväger att tillåta högre temperaturer i bufferten.

...

SKB har ännu inte bestämt sig för om schaktsänkning eller tunneldrivning skall komma ifråga. Visar det sig att man väljer tunnelalternativet kan det eventuellt vara av intresse att använda bergmassan med nedfartstunneln till att simulera den hydrauliska bur som ingår i WP-Cave systemet.

NIREX

On canister materials, we expect to be able to show that reasonable thicknesses of either carbon steel or stainless steel will provide containment of short-lived nuclides until they have decayed to a level at which they present no greater risk than the very long-lived nuclides, under the highly-alkaline conditions of a Nirex repository. We are not attempting to provide physical containment for any longer period. The near-field chemistry will of course contribute substantially to the reduction of risk from the long-lived nuclides.

...

I have commented earlier on your interest in concrete, and agree with much of the section on "Concrete". Note that we do not place any reliance on the physical integrity of concrete for very long periods, only on its ability to control the near-field chemistry. We feel that the extensive use of concrete is the best means of controlling nuclide solubility and sorption.

NEA

In particular, with respect to temperature, the reviewers considered that the implications of using different conceptual designs such as the WP-Cave concept should be clarified. In addition, the influence of additives (e.g. "getters") and corrosion products (for steel alternatives) was highlighted as an area that will require consideration. Finally, alternative buffer and sealing materials should be examined for comparison with the performance of bentonite.

3.4 TEKNISK UTFORMNING OCH UTFÖRANDE

Sthlm Univ.

Förslagsvis skulle kapseln invändigt vara försedd med ett keramiskt skikt, som totalt skulle kunna öka vägg-tjockleken och minska den negativa effekten av radiolys.

* **SKB kommentar.** I hittills studerade fall har gamma-radiolysen utanför kapseln varit insignifikant för korrosionen vid kapselvägg-tjocklekar ner emot 1 cm koppar. När kapselgenombrott har skett ger beräkningarna att radiolysen helt domineras av alfa-radiolysen i kontaktytan mellan vatten och bränslekutsar.

Granskande instanser och använda förkortningar.

Förkortningar	Granskare
ART	Aktionsgruppen Rädda Tränningen
Avfallskedjan	Avfallskedjan, Svenska Naturskyddsföreningen, Norsjögruppen av Folkkampanjen mot Kärnkraft, Föreningen FALK, FAST och Föreningen Rädda Fjällveden
BGS	British Geological Survey
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CTH	Chalmers tekniska högskola
Fivh	Framtiden i våra händer
Florida S.U.	G R Choppin, Florida State University
FOA	Försvarets forskningsanstalt
FortF	Fortifikationsförvaltningen
FRN	Forskningsrådsnämnden
Gbg Univ.	Göteborgs Universitet
IAEA	International Atomic Energy Agency
KASAM	Samrådsnämnden för Kärnavfallsfrågor
KTH	Kungliga Tekniska Högskolan
KVA	Kungliga Vetenskapsakademien
Lst Uppsala	Länsstyrelsen i Uppsala län
Lunds Univ.	Lunds Universitet
NEA	OECD – Nuclear Energy Agency
NFFH	Nordisk Förening för Humanekologi
NFR	Naturvetenskapliga forskningsrådet
NIREX	United Kingdom Nirex Ltd
NRPB	National Radiological Protection Board, UK
OECD/NEA	Nuclear Energy Agency, OECD
Planverket	Statens planverk
Riksarkivet	Riksarkivet
SEN	Svenska Ekumeniska Nämnden
SGI	Statens geotekniska institut
SGU	Statens geologiska undersökning
SKI	Statens kärnkraftinspektion
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
SNV	Statens naturvårdsverk
SSI	Statens strålskyddsinstitut
Sthlm Univ.	Stockholms Universitet
STU	Styrelsen för Teknisk Utveckling
STUDSVIK	STUDSVIK AB
TAC	Technical Advisory Committee to AECL Canada
THL	Tekniska Högskolan i Linköping
Umeå Univ.	Umeå Universitet
Uppsala Univ.	Uppsala Universitet
VTT	Technical Research Center of Finland
ÖCB	Överstyrelsen för civil beredskap