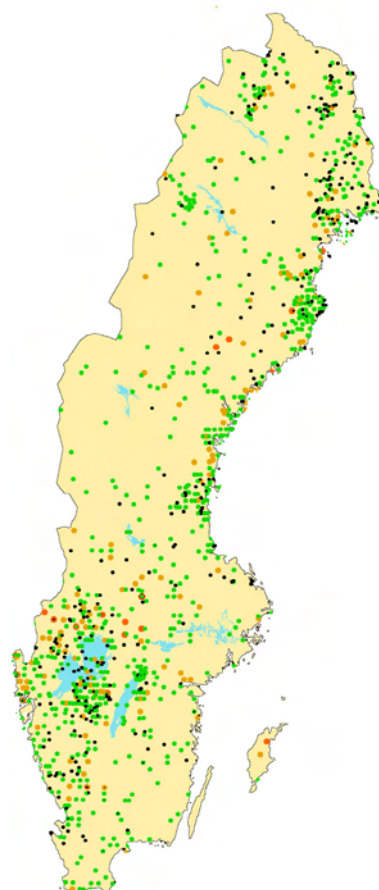


Formella expertbedömningar av jordskalv efter nedisning i Sverige

Stephen Hora och Mikael Jensen



SSI:s verksamhetssymboler



UV, sol och optisk strålning

Ultraviolet (UV) strålning från solen och solarier kan ge både lång- och kortsiktiga skador. Även annan optisk strålning, främst från lasrar, kan vara skadlig. Vi ger råd och information.



Solarier

Risken med att sola i solarium är sannolikt densamma som att sola i naturlig sol. SSI har därför tagit fram föreskrifter som även innehåller råd för den som solar i solarium.



Radon

i inomhusluft står för den största andelen av den totala stråldosen till befolkningen i Sverige. Vi arbetar med riskbedömning, mätteknik och rådgivning till andra myndigheter.



Sjukvård

står för den näst största andelen av den totala stråldosen till befolkningen. Genom föreskrifter och tillsyn strävar SSI efter att minska stråldosema för personal och patienter.



Strålning inom industri och forskning

Enligt strålskyddslagen krävs tillstånd för verksamhet med joniserande strålning. SSI ger ut föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs, gör inspektioner, utredningar och kan stoppa farlig verksamhet.



Kärnkraft

SSI ställer krav på kärnkraftverken att strålskyddet för allmänhet, personal och miljö ska vara bra och kontrollerar fortlöpande att kraven uppfylls.



Avfall

SSI arbetar för att allt radioaktivt avfall tas omhand på ett från strålskyddssynpunkt säkert sätt.



Mobiltelefoni

Mobiltelefoner och basstationer avger elektromagnetiska fält. SSI följer utveckling och forskning för mobiltelefoni och dess eventuella hälsorisker.



Transporter

SSI verkar nationellt och internationellt för att radioaktiva preparat inom sjukvården, strålkällor inom industrin och utbränt kärnbränsle ska transporteras på ett säkert sätt.



Miljö

Säker strålmiljö är ett av de 16 miljö kvalitetsmål som riksdagen beslutat om för att uppnå en miljömässigt hållbar utveckling i samhället. SSI ansvarar för att detta mål uppnås.



Biobränsle

från träd som innehåller cesium, till exempel från Tjernobylolyckan, är ett problem som SSI idag forskar kring.



Kosmisk strålning

Flygpersonal kan i sitt arbete utsättas för höga nivåer av kosmisk strålning. SSI deltar i ett internationellt samarbete för att kartlägga stråldoserna till denna yrkesgrupp.



Elektriska och magnetiska fält

SSI arbetar med risker av elektromagnetiska fält och vidtar åtgärder om risker identifieras.



Beredskap

SSI har dygnet-runt-beredskap för att skydda människor och miljö från konsekvenser av kärnenergiolyckor och andra strålningsolyckor.



SSI Utbildning

ska bidra till att tillgodose det utbildningsbehov som finns på strålskyddsområdet. Verksamheten finansieras genom kursavgifter.

FÖRFATTARE/ AUTHOR: Stephen Hora* and Mikael Jensen

* University of Hawaii at Hilo

AVDELNING/ DEPARTMENT: Avdelningen för avfall och miljö / Department of Waste Management & Environmental Protection.

TITEL/TITLE: Formella expertbedömningar av jordskalv efter nedisning i Sverige / Expert Panel Elicitation of Seismicity Following Glaciation in Sweden.

SAMMANFATTNING: Statens strålskyddsinstitut, Statens kärnkraftinspektion och Svensk Kärnbränslehantering AB har tillsammans genomfört ett projekt med formella expertutfrågningar i ämnet jordskalv i Sverige i samband med nedisning.

Efter ett brett nomineringsförvarande har 5 experter valts ut av en urvalskommitté av 4 professorer inom området. De 5 experterna har givit bedömningar om frekvensen av jordskalv större än magnitud 6 inom tio kilometer, för två platser i Oskarshamn och Forsmark, i samband med en nedisning. Medianvärdet av experternas bedömningar var 0,1 jordskalv för en glaciationscykel. Rapporten är en översättning och lätt bearbetning av SSI Rapport 2005:20, som föreligger på engelska. Experternas bilagor har ej tagits med.

SUMMARY: The Swedish Radiation Protection Authority, the Swedish Nuclear Power Inspectorate and the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company have jointly carried out a project on expert panel elicitation on the issue of glacial induced Swedish earthquakes.

Following a broad nomination procedure, 5 experts were chosen by a selection committee of 4 professors within Earth sciences disciplines. The 5 experts presented judgments about the frequency of earthquakes greater the magnitude 6 within 10 km for two Swedish sites, Oskarshamn and Forsmark, in connection with a glaciation cycle. The experts' median value was 0,1 earthquakes for one glaciation cycle. The report is a translation from English, and a slightly edited version, of SSI Report 2005:20. The expert's appendices are not included.

SSI rapport: 2006:01

januari 2006

ISSN 0282-4434



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| Bakgrund..... | 3 |
| Formella expertbedömningar | 3 |
| Projektformulering | 4 |
| Urvalskommitténs rapport..... | 5 |
| Det första expertmötet..... | 6 |
| Utfrågningen | 7 |
| Den resulterande kombinerade fördelningen | 10 |
| Diskussion..... | 13 |
| Slutsatser | 14 |
| Referenser | 16 |
| Post Scriptum | 17 |

Tabell- och figurförteckning

| | |
|---|----|
| Tabell 1 Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km. Oskarshamn och Forsmark (John Adams)..... | 9 |
| Tabell 2. Härledd osäkerhetsfördelning avseende jordskalv av magnitud 6.0 eller större under 100 000 år inom en radie av 100 km från Oskarshamn och Forsmark (härledd från Lambecks bedömning avseende jordskalv med magnitud 7,6)..... | 10 |
| Figur 1. Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km för Oskarshamn. Medelvärde (Average) från 4 experter..... | 11 |
| Figur 2. Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km för Forsmark. Medelvärde (Average) från 4 experter..... | 11 |

Appendix 1. Inbjudan att nominera experter.

Appendix 2. Instruktioner till urvalskommittén (på engelska).

Appendix 3. Ytterligare instruktioner till urvalskommittén (på engelska).

Appendix 4. Urvalskommitténs rapport (på engelska).

Bakgrund

Denna rapport summerar ett projekt om formella expertbedömningar som genomförts under 2005. Innehållet sammanfaller i stort med huvudrapporten på engelska, som dessutom innehåller särskilda rapporter från projektets 5 experter.

Formella expertbedömningar

Formella expertbedömningar, (engelska: expert panel elicitation) innebär att experter väljs ut och utfrågas, och att svaren behandlas och dokumenteras i en formell procedur. Den form som använts här har använts av Prof. Stephen Hora från Universitetet i Hawaii, Hilo i studier inom det amerikanska kärnkraftsprogrammet [1,2,3,4,5,6].

Formella expertbedömningar används vid frågor som är särskilt problematiska. De kännetecknas av att underlaget är i någon mening bristfälligt t.ex. på grund av

- otillräcklig tillgång till data som av olika skäl inte kan kompletteras
- data som måste extrapoleras
- att data kommer från flera olika källor som inte ger en entydig bild
- data med oklar specifikaktion av osäkerheten
- data från oprövade teorier

Ett motivering till de särskilda ansträngningarna förbundna med formella expertbedömningar är att intresset är särskilt stort på grund av t.ex.:

- situationer som kräver opartisk bedömning
- ett massmedialt tryck kring resultatet
- risker för legala aktioner (särskilt stor i den anglosaxiska världen)
- bedömning av en del i en säkerhetsanalys som är kritisk för att bedöma risk
- val mellan alternativa vägar att närma sig ett problem
- stora framtida (ekonomiska) potentialer

I Sverige har SSI tidigare rapporterat om tekniken i referens [2].

Ett forskningsprojekt

SSI inbjöd SKI och SKB och representanter för de två platsundersökningskommunerna Östhammar och Oskarshamn att delta i ett forskningsprojekt om expertbedömningar i november 2004. Prof. Stephen Hora från University of Hawaii at Hilo inbjöds också som expert på metoden.

Projektdeltagarnas roller

Myndigheterna SSI och SKI administrerade projektet i samråd med en referensgrupp med representanter från myndigheterna, SKB och platsundersökningskommunerna. SKB agerade som observatör inom projektet och ställde sina databaser och referenser till experternas förfogande på förfrågan. Projektet finansierades lika av SSI, SKI och SKB. De for-

mella utfrågningarna leddes av professor Stephen Hora. Projektet är således inte en del av den pågående tillståndsprocessen utan utgör ett rent forskningsprojekt av lika intresse för alla parter. För överskådlighetens skull sköttes och rapporterades all finansiering genom ett och samma ekonomisystem, SSI:s.

Projektformulering

Ämne för utfrågningen

Flera alternativa ämnen diskuterades som bas för utfrågningen. En utgångspunkt var att projektet skulle anknyta till arbetet med slutförvaret för det använda kärnbränslet. Bl.a. kommunernas representanter var positiva till frågor inom området jordskalv i närheten av förvaret. Ett annat alternativ vore att belysa Östersjöns framtida nivå. Till slut enades gruppen om att ställa följande två frågor med anknytning till jordskalv:

Fråga 1

Vad är frekvensen av jordskalv med magnitud 6,0 eller högre inom 10 km från en given punkt i Forsmark respektive Simpevarp före, under och efter en glaciation (nedisning) under antagandet att medelvärdet på istäckets tjocklek är 1000, 2000 och 3000 m. Ge en sannolikhetsfördelning som beskriver osäkerheten hos frekvensen för en given magnitud under antagandena om istäckets existens och tjocklek.

Fråga 2

Givet är ett jordskalv av magnitud 6,0, 7,0 respektive 8,0 inom 10 km från Forsmark respektive Simpevarp före, under och efter en glaciation. Bestäm maximal skjuvrörelse (slip eller shear) för en existerande eller ny spricka inom förvaret på ca 500 m djup och ge en sannolikhetsfördelning som beskriver skjuvrörelsen. Osäkerhetsfördelningen skall inrymma alternativet att ingen skjuvning uppstår.

Nomineringsprocedur

Ett brev skickades ut till 23 organisationer, se appendix 1, som visat intresse för det svenska avfallsprogrammet. Denna grupp av organisationer inbjuds också att ge synpunkter på SKB:s forskningsprogram, det s.k. FUD-programmet.

Även om förfarandet innebar öppenhet och transparens, blev det klart att det ändå inte ledde fram till ett tillräckligt stort antal expertnomineringar. Projektgruppen nominerade därför ytterligare experter. Ett antal experter avstod från att delta på grund av andra åtaganden i kombination med den relativt korta framförhållningen, och ett antal ansåg sig inte kompetenta i fråga om en av frågorna, främst beträffande fråga 1. Till slut återstod 16 experter.

Fyra experter med god kännedom om branschen valdes ut av projektets referensgrupp för att utgöra en urvalskommitté med uppdrag att välja ut 5 experter till utfrågningarna. Kommittén bestod av Professorerna Jimmy Stigh, Göteborgs universitet, Roland Roberts, Uppsala Universitet, Ove Stephansson, KTH i Stockholm och Giorgio Ranalli, från Carleton University, Canada.

Urvalskommitténs instruktion innebar att man skulle utse experter på grundval av redovisade meriter och vetenskapliga arbeten. Man skulle också eftersträva en bredd i fråga om discipliner, metoder och modeller. Instruktionen vidläggs i Appendix 2 (på engelska).

Då arbetet inte ingår i tillståndsdialogen fanns det inga formella skäl att undvika SKB:s personal men det gjordes ändå en viss inskränkning genom kravet att ingen expert för närvarande arbetade för SKB, eller för närvarande arbetade som konsult för SKB. Detta gav en garanti för att åtminstone inte få dominerande inslag av SKB:s egna experter.

De nominerade experterna fick möjlighet att välja bort en av de två frågorna om de inte ansåg sig kompetenta. Det blev emellertid snart tydligt att experter som inte ansåg sig kompetenta att besvara en av frågorna tenderade att lämna processen helt och hållet. För att förhindra att råka i en situation där endast ett fåtal experter återstod gjordes ett tillägg till urvalskommitténs instruktion, i Appendix 3. Den innebar att kommittén skulle koncentrera sig på en av de två frågorna om man inte ansåg sig kunna ta ut 5 experter med hög kompetens på grund av kravet på en kombination av två discipliner. På grund av ett större frånfälle för den första frågan, beslöt att urvalskommittén borde välja bort fråga 1 helt och hållet om det uppstod en sådan konflikt.

Tidtabell

Vid mötet i november 2004 bestämdes en tidtabell efter förslag av Prof. Hora vilken innebar att projektet skulle genomföras under första hälften av 2005. Informationsaktiviteter skulle följa under hösten 2005 gentemot de två deltagande kommunerna.

Urvalskommitténs rapport

Urvalet

Urvalskommittén möttes 12 april, 2005. Det framgår av kommitténs rapport, i Appendix 4, att den förslagna gruppen har den nödvändiga kompetensen att svara på båda frågorna, även om de olika experternas specialområden varierar betydligt från person till person (“the proposed group has the competence to address both of the questions, albeit that the field of excellence of the different experts varies significantly from person to person”).

Urvalsgruppen valde följande 5 experter:

- John Adam, NRC, Geological Survey of Canada,
- Hilmar Bungum, NOR SAR, also affiliated to the University of Oslo
- James Dieterich, University of California, Riverside
- Kurt Lambeck, The Australian National University, Canberra,
- Björn Lund, University of Uppsala

Dessutom valdes två experter för att täcka oförutsedda problem som förhindrade någon av de valda experterna att delta. Kommittén föreslog McGarr, US Geological Survey, och Ragnar Slunga, Försvarets Forskningsinstitut.

Den 29 april hade de valda experterna accepterat att delta, varefter övriga deltagande experter informerades.

Det första expertmötet

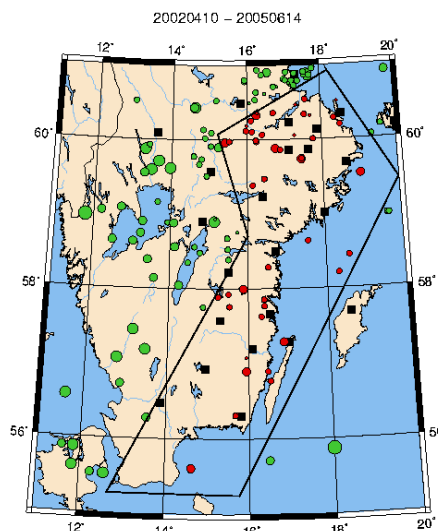
Det första mötet tog plats på SSI 17-18 maj 2005. Prof. Hora gav en presentation av den valda tekniken för experterna. Resten av de två dagarna gick åt till att diskutera de två frågorna.

Även om två av experterna, Adams och Dieterich, var redo att belysa fråga nr 2, blev det snart klart i diskussionen att tiden inte skulle räcka till för att täcka båda frågorna med restriktionen 5 dagars arbete. Fråga två nämns därför inte vidare i fråga om den formella utfrågningen. Däremot gavs viss allmän vägledning också i Bungums rapport.

Den första frågan ändrades i två steg. Före mötet diskuterades fråga ett närmare mellan SSI, SKI och SKB, och för att undvika att definiera ett stort antal utgångspunkter om den antagna glaciationens karaktär föreslogs det att den skulle antas vara identisk med den senaste, benämnd Weichsel. Preciseringsen underlättade frågan för experterna men det framgick efter diskussionen att det återstod ytterligare förutsättningar som måste preciseras. Avseende den maximala magnituden för Dehls Pärvie skalvet vars magnitud förutsattes vara 7,6. Dessutom antogs ett djup för jordskalven, 30 km.

Experterna önskade också information om jordskalv under två 20 års perioder, 1965-84 och 1985-2004 i en area som definieras av polygonen i Figur 1 som innehåller de två bedömda platserna.

Figur 1. Polygonen som definierar arean inom vilken seismiska data efterfrågades av experterna (från Lunds presentation 20 juni 2005). Jordskalvsdata är från Swedish National Seismic Network (SNSN) 2000-2005.



Efter diskussion formulerades frågan 1 enligt:

Vad är frekvensen av jordskalv med magnitud 6,0 eller högre per ytenhet t.ex. per 100 kvadratkilometer) i mellersta och södra Sverige (Forsmark och Oskarshamn) under en glaciationscykel (ung. 100 000 år) under antagande av likartade förhållanden som Weichsel glaciationen? Ge en osäkerhetsfördelning för denna storhet i båda områdena.

Följande antaganden skall också gälla:

- 7,6 är nominellt värde för Dehls Pärvie skalvet, och
- djupet 30 km

Till detta kom ett antal gemensamma referenser som nämndes vid mötet mestadels på engelska:

- Material avseende islastens utveckling över en glaciation för de två platserna som Kurt Lambeck åtog sig förmedla till samtliga experter
- Visst material från SKB avseende jordskalv
- SKB Publication TR-99-03
- Clark H. Fenton, C.H., Adams, J., and Stephen Halchuk, S., 2005. Seismic Hazards Assessment for Radioactive Waste Disposal Sites in Regions of Low Seismic Activity. Geotechnical and Geological Engineering (Förtryckt, artikeln publiceras hösten 2005)
- POSIVA 2003-10, Glacial Rebound and Crustal Stress in Finland
- Stewart, I.S., J. Sauber & J. Rose (eds.): Glacio-seismotectonics: Ice sheets, crustal deformation and seismicity, Quat. Sci. Rev., 19, pp. 1367-1389.

Under projektets gång bedömde expertgruppen att underlaget som gavs i form av jordskalv inom en 100 km, gjorde det logiskt att ge uppskattningen i denna form. Det numeriska värdet för jordskalvsfrekvens inom 100 km för en glaciation kan ändras till avståndet 10 km genom att dividera frekvensen med 100.

Utfrågningen

Andra expertmötet - presentation och utfrågning

Ett möte hölls i Stockholm 20 och 21 juni 2005 som varade en och en halv dag. Första delen av mötet innehöll presentationer från var och en av experterna avseende hur de hade analyserat frågorna. Skriftliga redogörelser blev tillgängliga kort efter mötet. De är på engelska, har en teknisk karaktär och förbigås i denna rapport, men kan fås genom SSI. De kommer också att finnas i den vetenskapliga rapporten, på engelska.

Ungefär en timme per expert avsattes till presentationerna, och material var tillgängligt i form av presentationer eller skrivna dokument. Efter varje presentation ägde en diskussion rum som ofta var livlig. Därefter följde en utfrågning av experterna en och en för att etablera en sannolikhetsfördelning för den gjorda bedömningen. Hela rapporten över utfrågningen finns i appendix 5, på engelska. Sessionerna och deras resultat beskrivs kortfattat nedan. Tekniska frågeställningar har inte helt kunnat undvikas.

Hilmar Bungum

Hilmar Bungum gjorde ingen skillnad mellan de två platserna. Hans fördelning gavs i en matematisk form, och de använda värdena för kumulativ sannolikhet 0 och 100 % approximerades med + 3 respektive - 3 standardavvikelser.

Resultatet presenterades för en period av 100,000 år och ytan 100 km² vilket har räknats om från till en yta med en radie av 100 km, vilket är den enhet som gavs av övriga experter.

Tabell 1. Osäkerhetsfördelning i form av kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv, av magnitud 6 eller större, inom 100 km under 100 000 år– Forsmark and Oskarshamn (Hilmar Bungum).

| | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Kumulativ sannolikhet | 0.000 | 0.023 | 0.159 | 0.50 | 0.84 | 0.98 | 1.00 |
| Frekvens | 0.008 | 0.60 | 1.74 | 5.1 | 14.9 | 43.7 | 374 |

James Dieterich

Dr. Dieterich använde Kurt Lambecks beräkningar av islasten som ett underlag för bedömningen. Han använde en mekanisk modell i vilken Lambecks beräknade islast adderades till övrig förväntad gravitationell och tektonisk påverkan för att uppnå en uppskattning av den totala påverkan. Dieterich räknade sedan om lasten till förväntade jordskalv. Modellen användes med ett antal variationer som gav upphov till en uppskattning av osäkerheterna. Sannolikhetsfördelningarna ges för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km.

Tabell 2. Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km. (James Dieterich).

| | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kumulativa sannolikhet | 0.00 | 0.05 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 0.95 | 1.00 |
| Frekvens Oskarshamn | 1.4 | 4.1 | 21 | 42 | 83 | 206 | 247 |
| Frekvens Forsmark | 0.8 | 2.4 | 12 | 24 | 47 | 118 | 142 |

Björn Lund

Dr. Björn Lunds underlag utgörs av det antagna nominella värdet för magnituden för den maximala seismiska händelsen, 7.6, och den nuvarande (isfria) jordskalvsfrekvensen och Lambecks modell för en kommande islast. Lund använde en modell med 5 steg för att beräkna sannolikheter för jordskalv:

1. Generera ett antal punkter vars laster motsvarar dagens.
2. Addera, som funktion av tiden under en kommande istid, den ytterligare lasten från istäcket
3. Räkna antal sammanbundna noder som en händelse och låt antalet noder ge magnituden.
4. Översätt händelserna till en frekvens-magnitud relation.
5. Generera en ny bakgrund för nästa tidssteg.

Lunds bedömning gavs för en 100 000-års period med en yta med radien 100 km. Bedömningarna gav en skillnad för Forsmark och Oskarshamn där Forsmark får högre frekvens.

Tabell 3. Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km (Björn Lund).

| | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Kumulativa Sannolikhet | 0.00 | 0.25 | 0.50 | 0.90 | 1.00 |
| Oskarshamn | 0.0 | 2.25 | 4.5 | 80 | 200 |
| Forsmark | 0.8 | 4 | 7 | 123 | 200 |

John Adams

Adams jämförde 4 källor för frekvenser för jordskalv: i) global frekvens, ii) frekvensen av svenska jordskalv, iii) förkastningar i Lappland, och Mörner's katalog över svenska paleojordskalv. Adams omvandlade Mörners magnitudskattning för att skapa en Gutenberg-Richter kurva. Justeringen beskrivs närmare i Adams rapport. Justeringen innebar att Mörners skattning för Pärvie händelsen kom att vara i linje med det antagna värdet 7.6 som används i denna rapport. Osäkerheten för magnitud 6 jordskalv härleddes från den lägre fysikaliska begränsningen 0.0 och jämförelser med australiensiska och kanadensiska frekvenser. Bedömningarna ges för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100 000 år på en yta med radie 100 km. Ingen skillnad gjordes för de två platserna. Den resulterande osäkerhetsfördelningen ges i tabell 4.

Tabell 4 Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km. Oskarshamn och Forsmark (John Adams).

| | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| Kumulativ Sannolikhet | 0.00 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 |
| Frekvens | 0 | 3 | 12 | 45 | 200 |

Kurt Lambeck

Professor Lambeck framlade en omfattande analys av glacial islast för både Forsmark och Oskarshamn. Hans analys visade att den största risken för jordskalv äger rum nära kanten på istället när isen går fram respektive drar sig tillbaka.

Eftersom istället är större när kanten ligger vid Oskarshamn än vid Forsmark indikerar det enligt Lambeck en större seismisk aktivitet vid kantens passage över Oskarshamn än vid Forsmark. Lambecks beräkningar av islast och avlastning användes i Dieterichs och Lunds analyser. Dr. Lambeck gav ingen osäkerhetsfördelning för magnitud 6 och högre, men han gav information om sannolikheten för skalv av magnitud 7,6 för vilken den önskade fördelningen kunde härledas med kunskap om lutningen b i Gutenberg-Richter diagrammet. Den härledning som redovisas i Tabell 4 har gjorts av författarna. Observera att Gutenberg-Richter diagrammet normalt anges i naturliga logaritmer med b närmare 2. Värdena på b som anges i tabell 5 härstammar från motsvarande logaritmiska diagram med basen 10.

Tabell 5. Härledd osäkerhetsfördelning avseende jordskalv av magnitud 6.0 eller större under 100 000 år inom en radie av 100 km från Oskarshamn och Forsmark (härledd från Lambecks bedömning avseende jordskalv med magnitud 7,6)

| | Lutning b | Lägre gräns | Bästa skattning | Övre gräns |
|------------|-----------|-------------|-----------------|------------|
| Oskarshamn | 0.8 | 6.0 | 17.1 | 60 |
| | 0.9 | 8.7 | 24.7 | 87 |
| | 1 | 12.5 | 35.7 | 125 |
| | 1.1 | 18.1 | 51.7 | 181 |
| Forsmark | 0.8 | 0.030 | 0.30 | 0.75 |
| | 0.9 | 0.043 | 0.43 | 1.08 |
| | 1 | 0.063 | 0.63 | 1.56 |
| | 1.1 | 0.090 | 0.90 | 2.26 |

Den resulterande kombinerade fördelningen

De individuella fördelningarna från 4 experter, med Lambecks fördelning undantagen eftersom han inte gav ett helt jämförbart underlag, kombinerades för att ge en medel distribution genom att ta medelvärde av sannolikheterna.

Definition av den kombinerade fördelningen.

Om den kumulativa sannolikhetens fördelning av expert nr. i benämns $F_i(x)$, d.v.s. experter nr. i bedömer att jordskalvsfrekvensen a har sannolikheten av $F_i(a)$, erhålls den kombinerade fördelningen av

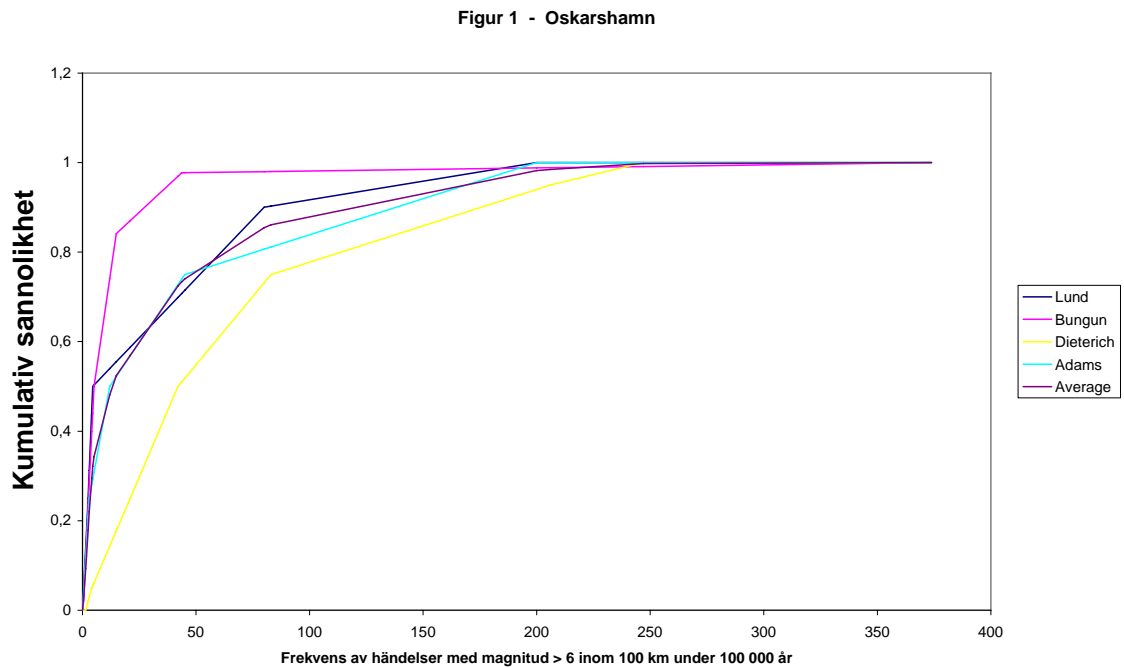
$$G(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_i(x) ,$$

där m är antalet experter och $G(x)$ den resulterande kombinerade fördelningen.

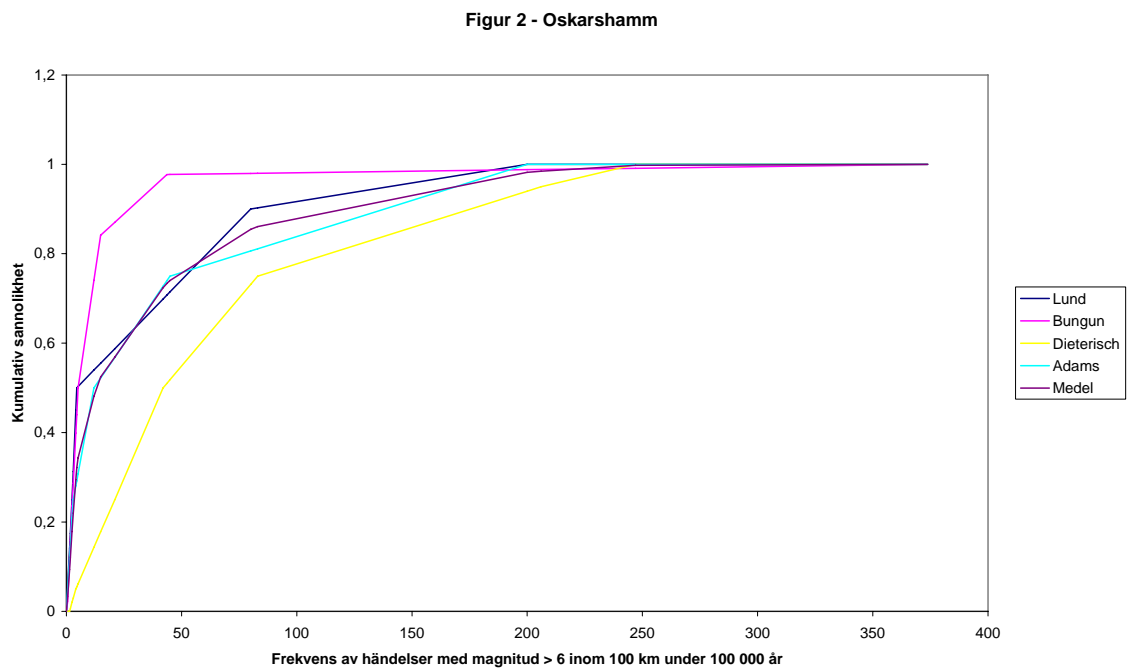
Lägg märke till att storheten för medelvärdesbildningen inte är självklar. En alternativ medelvärdesbildning är att ta medelvärdet för den frekvens experterna uppskattar har en och samma sannolikhet. Denne typ av medelvärdesbildning skulle emellertid ge oönskade konsekvenser. Om t.ex. en expert i en viss fråga anger en snäv fördelning kring värdet 2 och en annan ger en snäv fördelning kring värdet 4, blir det alternativa medelvärde för dessa en snäv fördelning kring 3, ett utfall som ingen av experterna tror på. Den använda modellen i formeln ovan skulle i stället ge fördelning som sträcker sig över både 2 och 4.

Figurerna 2 och 3 är grafisk representation av de kombinerade osäkerhetsfördelningarna för Oskarshamn och Forsmark, respektive.

Figur 1. Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km för Oskarshamn. Medelvärde (Average) från 4 experter.

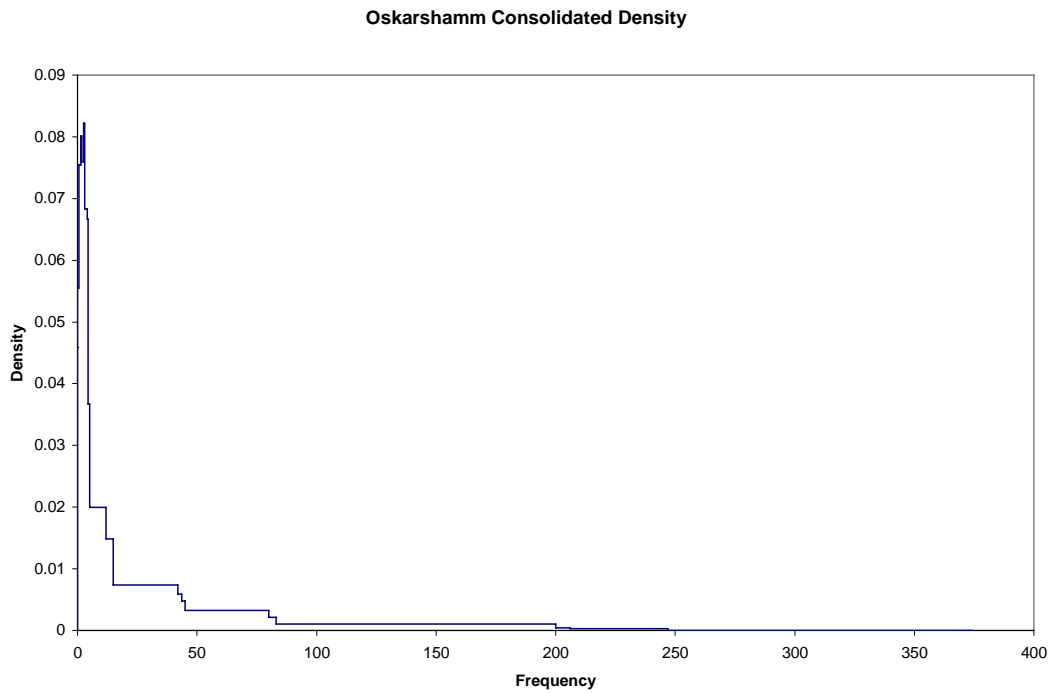


Figur 2. Kumulativ sannolikhet för frekvensen av jordskalv med magnitud högre än 6 under 100,000 år på en yta med radie 100 km för Forsmark. Medelvärde (Average) från 4 experter.

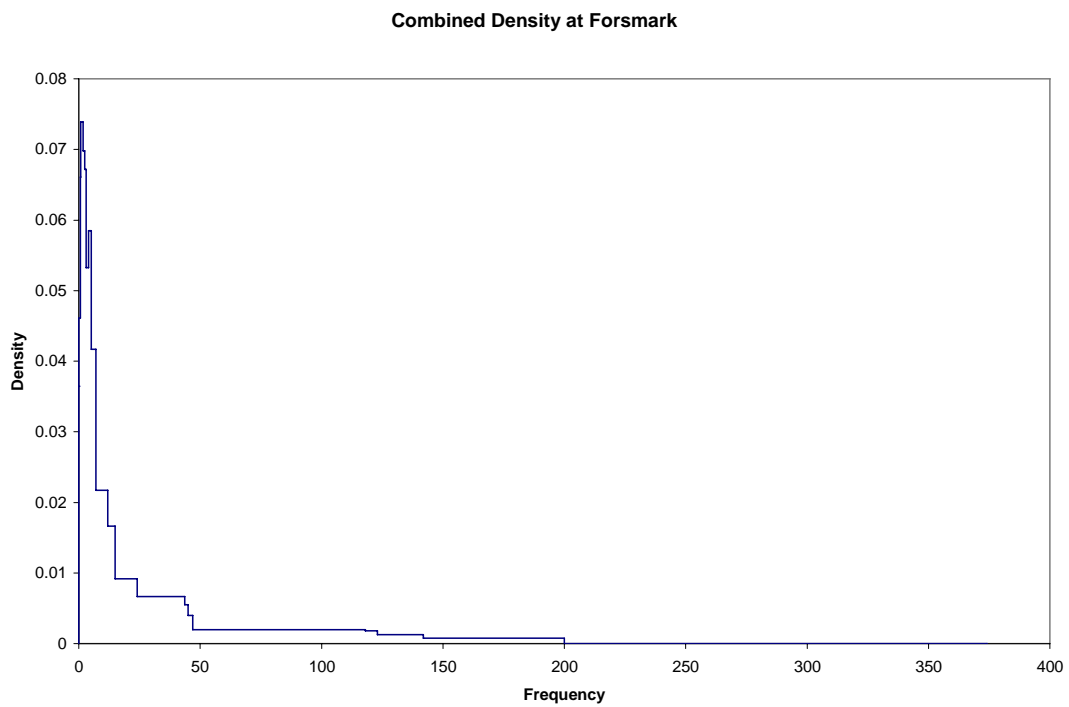


Slutligen ges den kombinerade sannolikhetsfördelningen för Oskarshamn och Forsmark i figurerna 4 och 5. Sannolikhetsfördelningarna innehåller samma information som medelvärdena i figurerna 2 och 3 men är ofta lättare att dra slutsatser från än bilder av kumulativ sannolikhet

Figur 4. Kombinerad sannolikhetsfördelning för Oskarshamn. Bedömd sannolikhetstäthet (densitet) av frekvens av händelser med magnitud > 6 inom 100 km under en glaciationscykel (100 000 år).



Figur 5. Kombinerad sannolikhetsfördelning för Forsmark. Bedömd sannolikhetstäthet (densitet) av frekvens av händelser med magnitud > 6 inom 100 km under en glaciationscykel (100 000 år).



Diskussion

Som tidigare nämnts är projektets syfte att belysa metoden genom att producera resultat från den formella utfrågningen, och inte att ta fram slutsatser om betydelsen för säkerhetsanalysen. Sådana slutsatser kan göras senare av deltagarna eller av rapportens läsare. Diskussionen här är därför begränsad till utfrågningstekniken.

Nomineringsprocessen

I nomineringsprocessen blev ett stort antal svenska organisationer inbjudna att nominera kandidater. Emellertid var det faktiska antalet kandidater från de svenska organisationer litet.

Dessutom tackade flera kandidater nej med motiveringen att det var kort tid för praktisk planeringen.

Kombinationen av akademiska discipliner som krävdes av de två frågorna kan ha haft en effekt på urvalskommitténs val. Det kan inte uteslutas att expertgruppen hade varit en annan om fråga 2 hade lämnats tidigare i processen.

Enheten för area

Då material från SKB avsett en yta inom 100 km gav experterna för enkelhetens skull sina bedömningar i denna enhet. Den ytenhet som först diskuterats var ytan inom 10 km. Omräkning kan lätt göras från de angivna frekvenserna genom att dividera med 100. Bästa skattning (50% fraktilen) blir då 0,1 jordskalv per 100 000 år eller en glaciationscykel motsvarande den senaste Weichsel-glaciationen.

Experternas bedömningar och frågan om oberoende

Samtliga experter var reserverade och ingen erbjöd sig omedelbart att ge en intuitiv sannolikhetsfördelning. Tvärtom ansågs frågan av de flesta mycket svår och krävde mer beräkningsunderlag än normalt för formella expertutfrågningar. Detta framgår också av de individuella expertrapporterna.

Spridningen mellan experterna är ovanligt smal för formella utfrågningar. Experterna har alla huvuddelen av sannolikheten mellan 0 och 50 jordskalv per 100 000 år.

Lambecks bedömning presenteras separat då den inte är direkt jämförbar med de andra fördelningarna, eftersom den kräver ett val av β , d.v.s. lutningen på Gutenberg-Richter kurvan, för vilken Lambeck inte kunde ge. Lambecks bedömning är dock väl i överensstämmelse med övriga experters bedömning för alla val av β . Hans bästa skattning (50% kumulativ sannolikhet) ligger inom spannet från de andra experterna utom för det högsta $\beta = 1,1$ - där Lambecks omräknade värden ger 52 medan Dieterich har 42 jordskalv med magnitud > 6 per 100 000 år inom 100 km (0,5 respektive 0,4 inom 10 km).

Experterna underströk också att frekvensen skulle kunna vara mycket liten. Den kumulativa sannolikheten på 5% - nivån är mindre än 1 skalv per 100 000 år (0,01 skalv inom 10 km) och 25%-nivån ligger mellan 3 och 4 (0,03-0,04 skalv inom 10 km).

Den begränsade spridningen mellan experternas bedömningar gör det naturligt att diskutera frågan om oberoende mellan experterna. Lambecks beräknade islaster under en gla-

ciationscykel utgör en del av det gemensamma referensmaterialet och hänvisas till av alla experterna. Även om Lunds och Dieterichs ansatser har betydande skillnader bl.a. med skillnad i resultat för Oskarshamn och Forsmark, använde de båda Lambecks beräkningar i sina egna beräkningar. Adams arbete, som inkluderade empiriska data, måste anses ha en hög grad av oberoende av Lambeck. Bungum faller också i denna kategori och mera oberoende av Lambeck.

Skillnader mellan de två platserna

Skillnader mellan de två platserna har nämnts, bl.a. av Sveriges Geologiska Undersökning, summerad av SSI och SKI i följande kommentar från myndigheternas granskning av säkerhetsredovisningen SR 97:

Sveriges geologiska undersökning (SGU) framhåller att det tycks finnas ett orsakssamband mellan isavsmältning och förkastningsrörelser vilket borde föranleda mer forskning. [7]

Som kan ses av figurerna 2 och 3 är det ingen signifikant skillnad mellan experternas bedömningar för de två platserna (i den givna formuleringen).

Slutsatser

Erfarenheterna från projektet har visat ett antal omständigheter att ta hänsyn till vid formella expertutfrågningar.

Nomineringsprocedurer

Den valda proceduren hade likheter med processer från några fall i USA t.ex. [8]. Emellertid är antalet intressenter (stakeholders) högre där och det är tveksamt om ett större antal svenska organisationer hade förbättrat resultatet och givit flera kandidater. En annan omständighet var att projektet var forskningsorienterat snarare än en del av tillståndprocessen. Ett förslag gjordes också att använda kommersiella metoder, d.v.s. att annonsera i internationella facktidsskrifter.

Ett strikt protokoll ger fördelar i form av ökad transparens, men det måste alltid finnas möjligheter att korrigera processen om oförutsedda överraskningar tillkommer, såsom i föreliggande fall för att öka antalet nominerade experter.

Förberedelse

Frågan som används inom projektet för formella expertutfrågningar valdes som en av flera alternativ. Om tekniken används som ett underlag för tillstånd eller för myndighetsgranskning bör det rimligen vara fokus på frågan i förväg som i sig innebär att ett förarbete har gjorts till nytta för utfrågningen. Ett tänkbart sätt att förbereda sig är att genomföra en formell utfrågning i mindre skala. Allt förberedelsearbete tar emellertid tid och det bör noteras att projektet genomfördes på lite mer än ett halvår. Ett projekt som drar ut flera år i tiden kan vara opraktiskt inom tillståndprocessen. Omfattningen av förberedelsearbetet måste därför vägas mot tidsåtgången.

Antalet experter

Ett sammanvägt resultat från tre experter kan vara informativt, men värdet av att ha fler understyrks av frågan om oberoende som blev tydlig inom projektet då flera använde samma bakgrundsmaterial. Enligt Prof. Hora är det ingen större idé att genomföra projekt med fler än 6 experter. Att använda 5 experter gav i projektet en viss marginal också för andra oförutsedda händelser.

När skall formella expertbedömningar användas?

Till slut bör frågan om användning av tekniken beröras, med reservation för att de i projektet ingående organisationerna kan ha olika åsikter.

Det skall erinras om att det finns ett antal tillfällen där metoden inte är rimlig att använda, och i stället en extern granskning kan fylla behovet att få en bedömning utifrån. Ett granskningsteam kan göras mer flexibelt och ändå ha en hög transparens. Om den bedömda frågan är kräver sammanvägning från ett större antal discipliner kommer varje expert att behöva ersättas med en grupp experter. Om fyra discipliner skall tas med blir och totala antalet experter kan bli så stort som 16-20 med mycket höga kostnader och långa projektider som följd. Dessutom blir processen praktisk ohanterlig.

För att skapa förutsättningar för en bra process inom formella expertbedömningar för användningen bör god förståelse för nödvändiga ingående discipliner finnas tidigt i processen, och tid bör avsättas för ett omfattande förarbete. En del av dessa villkor kan vara uppfyllda genom den process som sker inom tillståndsprocessen för ett geologiskt slutförvar, antingen det gäller produktion av underlag för tillståndsansökan eller inom motsvarande myndighetsutövning. Samtidigt ligger det i sakens natur att tekniken används då man ser stöttestenar, som givetvis kan erbjuda överraskningar i utfrågningarna.

Tekniken har visat sig:

- att ge ett klart svar, med de givna utgångspunkterna
- utgöra ett kraftfullt verktyg för att belysa ett väldefinierat avgränsat vetenskapligt område och
- att ge, genom diskussionerna inom projektet nya insikter i frågan om nedisning och jordskalv.

Det återstår att se om resultatet kommer att stödjas eller kommenteras inom vetenskaps-samhället.

I Sverige har man ingen större erfarenhet av formella expertbedömningar. Det är författarnas förhoppning att den föreliggande studien skall ge förståelse för metoden och ett intresse att använda den i frågor som lämpar sig för tekniken, och att resultatet kommer att vara av intresse i den fortsatta diskussionen om jordskalv i samband med nedisningar.

Referenser

1. Kotra, J.P., M.P. Lee, N.A. Eisenberg, A.R. DeWispelare, Branch Technical Position on the Use of Expert Elicitation in the High-Level Radioactive Waste Program, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1563, 1996.
2. S. Hora, M. Jensen, Expert Judgement Elicitation, SSI report 2002:19.
3. Harper, F.T., M.L.Young, S.C. Hora, L.A. Miller, C.H. Lui, M.D. McKay, J.C. Helton, Rechard, R.P., K, Trauth, J.S. Rath, R.V. Guzowski, S.C. Hora and M.S. Tierny, The Use of Formal and Informal Expert Judgments when Interpreting Data for Performance Assessments SAND92-1148, Sandia National Laboratories, 1993.
4. Trauth K. S.C. Hora, and R.P. Rechard, Expert Judgment as Input to Waste Isolation Pilot Plant Performance-Assessment Calculations, SAND91-0625, Sandia National Laboratories, 1993.
5. Trauth, K., S.C. Hora and R.V. Guzowski, A Formal Expert Judgment Procedure for Performance Assessments of the Waste Isolation Pilot Plant, SAND93-2450, Sandia National Laboratories, 1994.
6. Hora, S.C., Nuclear Waste and Future Societies: A Look into the Deep Future, Technological Forecasting and Social Change, 56, 155-70, 1997.
7. SSI-rapport 00:17 - SKI rapport 00:38, SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s Säkerhetsrapport 97 – Granskningsrapport.
8. Kathleen M. Trauth, Stephen C. Hera, Robert V. Guzowski, Judgment on Markers to Deter Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant by. SANDIA REPORT SAND92-1382 I UC-721.

Post scriptum

I ett sent läge i projektet har några synpunkter framkommit vilka inte tagit givit upphov till ändringar i presentationen. Ingen av påpekandena är av en sådan art att de skulle påverka slutsatserna i rapporten, men de är ändå värda att nämnas.

Efter utfrågningen, i samband med utarbetandet av den egna bakgrundsrapporten, kom Björn Lund till slutsatsen att han inte kunde skilja på de två platserna för svaret på den ställda frågan. En annan expert, Hilmar Bungum, har tidigare påpekat att den angivna frekvensen för 0 och 100%, egentligen avser bedömning av frekvensen vid ± 3 standardavvikelse, $\pm 3 \sigma$. Vid en senare tidpunkt efter en närmare granskning av utfrågningsrapporten kom Hilmar Bungum till slutsatsen att frekvenserna givna för 1 respektive 2 standardavvikelse, 1 och 2 σ , skulle ha tilldelats lägre sannolikheter än de i tabell 2 givna, 0,68 i stället för 0,84 för 1 σ , och 0,95 i stället för 0,98 för 2 σ .

Det kan lätt överskådligt kontrolleras med hjälp av den använda medelvärdesformeln

$G(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_i(x)$, att ingen av kommentarerna påtagligt ändrar det givna resultatet.

Av det skälet samt för tids vinnande har inga andra åtgärder vidtagits utöver detta omnämnande.

Appendix 1

AoM

2005-02-02 Dnr. 2004/2376-26

Inbjudan till nominering av experter till formell expertutfrågning (Expert Panel Elicitation)

Med detta brev vill SSI och SKI bjuda in olika aktörer i det svenska kärnavfallsprogrammet att bidra med nomineringar inom ett projekt kring formell expertutfrågning, så kallad Expert Panel Elicitation.

Frågorna som ställs till experterna rör jordskalv efter en nedisning, och formuleringen ges i bilaga 1. I bilaga 2 ges en beskrivning av tekniken med formella expertutfrågningar såsom den läggs upp i vår studie. Bland annat ska en urvalskommitté bestående av 3 medlemmar utses, vilken sedan ska välja ut 5 experter inom området seismologi. Vi hoppas därför på ett allsidigt underlag för urvalskommittén. Frågorna kan komma att modifieras något i en senare diskussion med experterna.

Vi tar tacksamt emot expertnomineringar från er organisation. Vi föreslår av praktiska skäl att varje deltagande organisation begränsar sig till högst tre nomineringar.

Syftet är att pröva en internationellt etablerad metod för att beskriva hur olika experters bedömningar kan ge en viss typ av samlad överblick i en fråga där, av olika skäl, inget uppenbart svar kan ges. Vi har valt en fråga som relaterar till säkerhetsanalysen för ett slutförvar för använt kärnbränsle. Myndigheterna SSI och SKI administrerar projektet och samråder med en referensgrupp som består av representanter från myndigheterna, SKB och platsundersökningskommunerna. SKB agerar som observatör inom projektet och kommer att ställa sina databaser och referenser till experternas förfogande om de så önskar. Projektet finansieras lika av SSI, SKI och SKB. De formella utfrågningarna leddes av prof. Stephen Hora, University of Hawaii at Hilo.

Nomineringarna kan skickas till Statens strålskyddsinstitut, Mikael Jensen, 171 16 Stockholm och måste vara SSI tillhanda senast den 21 februari.

Med vänlig hälsning

Mikael Jensen

Statens strålskyddsinstitut

Eva Simic

Statens kärnkraftinspektion

Sändlista

KASAM

Lunds tekniska högskola/universitet - Geologiska Institutionen

Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper

Chalmers Tekniska Högskola - Geologiska Institutionen

Göteborgs universitet - Geologiska Institutionen

Umeå universitet - Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap

Kungliga Tekniska Högskolan - Institutionen för Mark- och Vattenteknik

Stockholms Universitet - Geovetenskapliga Ämnesrådet

Luleå Tekniska Universitet

SGU

Hultsfreds kommun

Svenska Naturskyddsföreningen

Greenpeace – Sverige

Fältbiologerna Rikskansliet

Folkkampanjen mot kärnkraft och kärnvapen

Avfallskedjans Förening – Ingrid Sörlander

Avfallskedjans Nätverk – Olov Holmstrand

Avfallskedjan – Bertil Alm

OSS

Miljöförbundet Jordens vänner

Miljövänner för kärnkraft

Föreningen kärnteknik

Miljöorganisationernas Kärnavfallsgranskning

Appendix 2

Dnr. 2004/2376-26 07 March 2005

INSTRUCTIONS TO THE SELECTION COMMITTEE

BACKGROUND

A project has been launched with the aim to use the technique of formal expert panel elicitation on an issue of interest within the Swedish radioactive waste program. The purpose is two-fold: (1) to explore the merits of the method of formal elicitation (2) to evaluate how and why expert opinions differ on the scientific issue at hand. The project is a research activity, and is not part of any regulatory action on behalf of the Swedish authorities.

The project is monitored by a steering committee with members from the Swedish radiation Protection Authority, SSI, the Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI, the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company, SKB, and the municipalities of Östhammar and Oskarshamn, presently hosting site investigations. The project is lead by SSI and SKI.

The two questions posed to the experts are given in appendix A.

A number of experts have been nominated based on suggestions from a wide selection of Swedish organisations. Only 5 experts will be used in the panel, and a selection committee will select these among all nominees. The instruction to the committee is given below.

THE NUMBER OF EXPERTS

5 experts must be chosen, with 2 additional experts as reserves.

SCREENING FOR MOTIVATIONAL BIAS AMONG NOMINATED EXPERTS

Several types of motivational bias are possible in connection with expert judgement. In regulatory work, it is required that consulting experts, assisting the regulator in external reviews, do not have close ties with the regulated organisation.

The project's steering committee has decided that there is no ground for restrictions in this regard, since the elicitation occurs within a common research project. However, as a compromise to avoid possible misunderstanding within the public, the committee has decided that the experts, in order to be selected must

- not presently be working as SKB staff member
- not presently be employed by SKB as a consultant

The project's steering committee will screen nominees in this respect by asking experts to submit relevant information with respect to SKB.

SCIENTIFIC CRITERIA

The selection committee should aim to select experts best suited to answer the questions given. The experts will be asked to provide scientific merits, such as academic positions and recognition, and to list relevant papers.

Scientific width

It is advantageous to approach questions by several disciplines, methods or models. This should also be reflected in the selection committee's aim and choices, if reasonably achievable. If any balance is struck between scientific standing and diversity of approaches, this should be documented.

The selection committee's criteria

The committee should create a written set of criteria based on their own interpretation of the questions, for the purpose of the selection work and to use in the selection of experts.

MODUS OPERANDI

A chairman, who will report the work to the committee through Mikael Jensen and Eva Simic, heads the selection committee members.

Two day's work is allocated for the selection, one of which in the form of a meeting, possibly at SSI or SKI who will arrange for a meeting room. Only the members of the selection committee are present at the meeting.

An intricate voting system is not required but the choices made of experts from the list of nominees should be motivated and documented, as well as possible disagreements. Committee members may also submit shared or individual comments.

Mikael Jensen

Eva Simic

Swedish Radiation Protection Authority

Swedish Nuclear Power Inspectorate

SE-171 16 Stockholm, Sweden

SE-106 58 Stockholm, Sweden

Email address: mikael.jensen@ssi.se

Email Address: eva.simic@ski.se

Phone +46 8 729 7100

Phone +46 8 6988400

APPENDIX /to Appendix 2/ Questions to the experts in English.

1. What will be the frequency of magnitude 6.0 or greater earthquakes within 10 km of Forsmark and Oskarshamn during the immediate post glaciation period assuming that the average thickness of ice above the repository reached a maximum of 1000 meters, 2000 meters, 3000 meters? Give an uncertainty distribution for this quantity at each repository under these three assumptions about thickness of the ice overlay.
2. Given a magnitude 6.0, 7.0, and 8.0 earthquake occurring within 10 km of a repository in Forsmark and Oskarshamn, give an uncertainty distribution for the maximum displacement (slip or shear) in an existing or new fracture in the repository. Your uncertainty distribution should include the possibility that no displacement occurs with the repository.

Appendix 3

Additional instructions to the selection committee

6 april 2005 Dnr. 2004/2376-26

TO THE MEMBERS OF THE SELECTION COMMITTEE

This is to inform you that the additional instructions have been formulated, to avoid a possible conflict between experts on issues related to question 1 vs. question 2.

The contacts made with nominated experts have revealed a certain number of abstentions and experts hesitating to participate related to problems with question 1.

Notwithstanding the committee's particular judgements, the project needs to ensure that the process does not come to a halt because of lack of candidates on one of the two questions.

The additional instruction is as follows. The committee should, as previously instructed, search for a panel of 5 persons, knowledgeable in both areas covered by question 1 and 2. If the committee finds it difficult to find a full panel of 5 candidates with high level of expertise in both fields, a panel of 5 experts in the area covered by question 2 should be chosen (even if 5 candidates attributable to question 1 also may be found).

In addition to this, assuming a panel covering both questions cannot be found, 2 experts should be chosen on the area covered by question 1. In that case it is valuable to the project to have this additional information as potential assistance in the definition of boundary conditions and other assumptions that must be made regarding question 2.

Appendix 4

The selection committee's report

2005-04-22

Notes regarding a meeting in Uppsala 12 April 2005 for panel selection for an expert panel elicitation regarding earthquake risks within the Swedish radioactive waste program.

Participants in the selection committee: Giorgi Ranalli, Carleton University, Ottawa, Roland Roberts, Uppsala University, Uppsala, Ove Stephansson, GeoForschungsZentrum, Potsdam, Jimmy Stigh, Gothenburg University.

Roland Roberts acted as secretary for the meeting.

Mikael Jensen (SSI) participated in the introductory part of the meeting, but then left and did not participate in the selection committee's discussions regarding the proposed experts.

The meeting commenced with a short introduction from Mikael Jensen (SSI) regarding the aims and boundary conditions of the procedure, together with some comments on the responses from the various proposed experts. Some of these had expressed doubts about the depth of their competence in one of the two questions (Note from SSI 6 April 2005, Dnr 2004/2376-26). While the issue and the additional instructions to the selection committee were discussed, no specific information about which proposed experts had expressed reservations was provided.

The scientists considered for selection to the expert panel were the following (*in alphabetical order*)

John Adams

Franck Audemard Mennessier

Hilmar Bungum

Kevin Coppersmith

James Dieterich

Kurt Lambeck

Björn Lund

Ian Main
Arthur McGarr
Peter Mora
Robert Muir-Wood
Nils-Axel Mörner
Hossein Shomali
Walter Silva
Ragnar Slunga
Per-Einar Tröften

All of these had supplied CVs.

Information on some of the proposed experts came very late prior to the meeting, which limited the possibilities of the selection committee to follow up this information.

Criteria for selection

The selection committee first discussed relevant criteria for the choice of the expert panel. Expertise in the following areas was considered relevant:

Crustal and mantle rheology

Crustal stress regime in general and in Fennoscandia

Deformation modelling: General and specific competence

Documented broad scientific perspective

General geological background

General geophysical background

General knowledge of glaciation/deglaciation processes (ice sheet models etc)

Knowledge of direct deformation measurements (GPS) etc in general and/or Fennoscandia.

Knowledge of fracture systems in crystalline rocks – general and specific

Laboratory measurements of rock physics

Knowledge of shield environments

Paleoseismology

Post-glacial rebound studies

Rock mechanical competence

Rock stresses
Seismic/aseismic movements
Seismic risk studies
Seismicity in Sweden
Statistical seismology
Strong ground motion studies
Theoretical understanding of current knowledge of slip processes

Prior to discussing the candidates, some generalities were discussed. These included how possible conflicts of interest should be handled. This was not regarded as a problem due to the clear guidelines given.

The form of the CV from most of the experts was sub-optimal in that these were not formulated specifically regarding competence in the area of the exact questions to be answered.

Prior to and after making the selections, the group discussed in detail the differences in competence necessary to optimally answer both questions 1 and 2. It is considered that the proposed group has the competence to address both of the questions, albeit that the field of excellence of the different experts varies significantly from person to person.

All proposed experts were considered to be highly competent in areas relevant for the questions to be addressed.

A conscious ambition was to avoid selecting experts with very similar backgrounds and experiences.

Only scientific competence was considered in making the selections.

The selection committee's recommendations

The committee was requested to recommend a group of 5 experts, with an additional 2 reserves. The group recommends (in alphabetical order): Adams, Bungum, Dieterich, Lambeck, and Lund, with McGarr and Slunga as reserves.

Comments on the experts proposed to form the panel (alphabetical order)

Adams (Canada)

Has worked with post-glacial faulting in Precambrian shields, and is well recognized in the field. Expertise in hazard analysis. Has limited local knowledge e.g. of seismicity in Fennoscandia. Not primarily engaged in numerical modeling of crustal stresses but has worked with in-situ stress.

Bungum (Norway)

Expertise in neotectonics, the seismicity and state of stress in Fennoscandia. Has worked extensively with probabilistic seismological hazard analysis and its application to large constructions

Dieterich (USA)

Extensive experience in seismic risk and hazard assessment (head of the relevant unit at USGS) and the relevant rock mechanical issues (mechanisms of slip etc). Not an expert on the local conditions in Fennoscandia, and has not worked extensively with issues related to glaciation.

Lambeck (Australia)

Is regarded as a world leader in postglacial rebound and lithospheric rheology. Has scientific pondus. Knows Fennoscandian geology well.

Lund (Sweden)

Works with the effects of glacial loading/unloading on the stresses in the crust; specifically in relation to earthquake motions. Works with relevant numerical modeling. Has local expertise, including regarding Swedish seismicity.

Reserves**McGarr (USA)**

Has a similar profile to Dieterich but has had less exposure to the issues relevant for the specific questions to be addressed.

Slunga (Sweden)

Very knowledgeable regarding seismology in general and specifically Fennoscandian seismicity.

Concluding remarks

In the view of the selection committee, the recommended panel shows a very satisfactory mixture of established competence in the questions to be addressed, experience in similar geological environments, and familiarity with local conditions.

While all the proposed experts considered had supplied information about their background and experience, the form, quantity and level of detail in this information varied. The panel suggests that explicit instructions on the form of information to be supplied could have enhanced the procedure.

**2006:01 Formella expertbedömningar av jord-
skalv efter nedisning i Sverige.**

Avdelningen för avfall och miljö

Stephen Hora and Mikael Jensen

90 SEK



STATENS STRÅLSKYDDSIKSTITUT, SSI, är central tillsynsmyndighet på strålskyddsområdet. Myndighetens verksamhetsidé är att verka för ett gott strålskydd för människor och miljö nu och i framtiden.

SSI är ansvarig myndighet för det av riksdagen beslutade miljömålet Säker strålmiljö.

SSI sätter gränser för stråldoser till allmänheten och för dem som arbetar med strålning, utfärdar föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs. Myndigheten inspekterar, informerar, utbildar och ger råd för att öka kunskaperna om strålning. SSI bedriver också egen forskning och stöder forskning vid universitet och högskolor.

SSI håller beredskap dygnet runt mot olyckor med strålning. En tidig varning om olyckor fås genom svenska och utländska mätstationer och genom internationella varnings- och informationssystem.

SSI medverkar i det internationella strålskyddssamarbetet och bidrar därigenom till förbättringar av strålskyddet i främst Baltikum och Ryssland.

Myndigheten har idag ca 110 anställda och är belägen i Stockholm.

THE SWEDISH RADIATION PROTECTION AUTHORITY, SSI, is the government regulatory authority for radiation protection. Its task is to secure good radiation protection for people and the environment both today and in the future.

The Swedish parliament has appointed SSI to be in charge of the implementation of its environmental quality objective Säker strålmiljö ("A Safe Radiation Environment").

SSI sets radiation dose limits for the public and for workers exposed to radiation and regulates many other matters dealing with radiation. Compliance with regulations is ensured through inspections.

SSI also provides information, education, advice, carries out its own research and administers external research projects.

SSI maintains an around-the-clock preparedness for radiation accidents. Early warning is provided by Swedish and foreign monitoring stations and by international alarm and information systems.

The Authority collaborates with many national and international radiation protection endeavours. It actively supports the on-going improvements of radiation protection in Estonia, Latvia, Lithuania, and Russia.

SSI has about 110 employees and is located in Stockholm.



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

Adress: Statens strålskyddsinstitut; S-171 16 Stockholm
Besöksadress: Solna strandväg 96
Telefon: 08-729 71 00, Fax: 08-729 71 08

Address: Swedish Radiation Protection Authority
SE-171 16 Stockholm; Sweden
Visiting address: Solna strandväg 96
Telephone: + 46 8-729 71 00, Fax: + 46 8-729 71 08

www.ssi.se