

## Remiss Strålsäkerhetsmyndighetens granskning av SKBs slutförvarsansökan

---

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har den 28 april 2014 erhållit rubricerat ärende för yttrande. Med anledning härav vill SGU framföra följande:

### SGU och SKB

SGU lämnade till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) den 31 maj 2012 remissyttrande gällande dels SKBs slutförvarsansökan och dels SKBs Clinkansökan (SGU dnr 01-1027/2011, 01-1800/2011 samt SSM dnr 2011-1137, 2011-3833). Av yttrandet framgår att SGU i stor utsträckning deltagit i SKBs förberedande arbete med att finna en god plats för slutförvaret bland annat genom att i det förberedande skedet ta fram underlag och data för modellering och analys. De geologer som deltog vid framtagandet av remissvaret av den 31 maj 2012 hade dock inte deltagit i SKBs arbete.

Inför författandet av nu aktuellt remissvar har SGU främst haft att ta ställning till kompletteringar till tidigare bedömda ansökningshandlingar. Till skillnad från när SGU lämnade det tidigare remissvaret har SGU inför avgivandet av detta svar å ena sidan tvingats värdera vikten av att nå ut med myndighetens synpunkter i en så central fråga för Sverige som frågan om slutförvaringen av uttjänt kärnavfall mot å andra sidan vikten av att använda personal med nödvändig upparbetad kompetens. En av de experter vid SGU med efterfrågad kompetens som deltagit i nu aktuellt remissvar har arbetat i projekt som tangerar SKBs förberedande arbete. SGU bedömer emellertid att experten som deltagit i remissvaret inte kan anses vara olämplig på jävsgrunder och därmed tvingas avstå från att delta i svaret. För att synliggöra detta redovisas expertens tidigare uppdrag med koppling till SKBs arbete i bilaga 1.

### Synpunkter på remissunderlaget

SGU vill inledningsvis framföra att myndigheten anser att svaren på de frågor gällande ansökningshandlingarna myndigheten ställde under förra remissomgången i huvudsak tagits väl omhand i de av SKB nu redovisade kompletteringarna till ansökningshandlingarna.

Myndigheten vill dock framföra följande synpunkter.

### Postglaciala förkastningar

I kompletteringarna (Bilaga K:3 18:13) svarar SKB på kommentarer rörande postglaciala förkastningar. Svaret är tillfredsställande men SGU vill tillägga att i en rapport från Strålskyddsmyndigheten (utgiven efter SKB:s svar) (McCalpin, 2013) beskrivs de möjligheter som finns att med LiDAR-teknik finna potentiella postglaciala förkastningar och genom stratigrafiska studier befästa om de bildats efter den senaste glaciationen. I sammanhanget kan nämnas att det i en nyligen publicerad artikel framförs att genom studier av detaljerade höjdmodeller och stratigrafi har postglacial förkastning påvisats utanför Bollnäs (Smith et al., 2014).

### Ref

Smith, C. A., Sundh, M., & Mikko, H. (2014). Surficial geology indicates early Holocene faulting and seismicity, central Sweden. *International Journal of Earth Sciences*, 1-14.

McCalpin, J. (2013). Seismology - Post-glacial seismicity and paleoseismology at Forsmark. Technical Note 42. 2013:34. Strålskyddsmyndigheten.

### SKBs riskanalys

Det är vanligt att, i den typ av riskanalyser som SKB utfört, ställa olika typer av vetenskapliga och tekniska resultat mot varandra särskilt när det inte är fastställt om en slutsats/ett resultat kan sorteras bort vid den slutliga bedömningen. I modern jordbävningsriskanalys betraktas dessa olika ståndpunkter som viktiga och beaktas i analysen, s.k. epistemiska osäkerheter. Dessa osäkerheter kan inte alltid beskrivas statistiskt på grund av att det saknas tillräcklig data eller kunskap. Av detta följer att vetenskaplig argumentation och diskussion i dessa fall riskerar att utgå från felaktiga premisser på grund av otillräcklig kunskap eller ibland också felaktig användning av data och kunskap.

I SKBs riskanalys saknas seismisk riskbedömning för de olika delarna av slutförvarsanläggningen under driftsfasen. Enligt IAEA är detta ett krav för kärntekniska anläggningar (IAEA, 2010). I det europeiska regelverket för kärntekniska anläggningar finns också motsvarande krav.

En seismisk sannolikhets- och sårbarhetsanalys är ej att jämföras med den som ska göras för slutförvaret efter förslutning. De olika tidsaspekterna i det ena skedet under ett tiotal år och i det andra skedet 100.000 till en miljon år innebär naturligtvis att helt olika bedömningar måste göras. Vidare är de största riskerna under driftsfasen associerade till ytnivån, det vill säga exempelvis ras i ingångar eller skador på byggnader och andra strukturer (hamnar) som uppkommit på grund av exempelvis en jordbävning. Därför bör driftsfasens riskbedömning göras med sådana tänkbara risker i åtanke emedan riskerna för slutförvaret bör uppskattas med avseende på ett

långsiktigt perspektiv på händelser som kan inträffa 500 meter under mark. Dessa två scenarior är inte likvärdiga.

Det finns idag en europeisk riskmodell för jordskalv (www.share-eu.org, Woessner et al., 2012) men den är inte direkt tillämpbar för den typ av riskanalys som krävs i Forsmark eftersom det är en övergripande modell som enligt författarna (bl.a. Ronald Arvidsson, deltagande i remissvaret) måste anpassas och göras utförligare för t ex kärntekniska anläggningar och andra kritiska strukturer eller för att passa nationella byggnadsregler .

### Ref

IAEA, 2010. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. IAEA Safety Standards, Specific Safety Guide No. SSG-9, Vienna, 2010.

Woessner, J. and D. Giardini and the SHARE consortium, 2012. Seismic Hazard estimates for the Euro-Mediterranean region: A community –based probabilistic seismic hazard assessment. Proceedings of the 15<sup>th</sup> World Conference of Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal, paper nr. 4337.

### **SR-Site**

Nedanstående text refererar till dokumentet SR-Site i SKBs ansökan . I dokumentet behandlas bl. a. istider och jordbävningar (s. 298). SKB påstår i första stycket "Induced seismicity" att det inte finns några som helst bevis för att det i slutförvarsdjup i den spänningsmiljö som vi har i Sverige kan uppstå en magnitud 5 jordbävning. SGU anser detta påstående är direkt felaktigt. Under 1980-talet bröt skalv av denna storlek genom jordytan. Denna risk måste behandlas under allmänna jordbävningsrisker (se nedan). Inducerade jordskalv är ej heller fullständigt behandlade i dokumentet. För att uppnå god kontroll bör mikroseismiska nätverk användas i slutförvarsområdet. Det är enligt SGUs mening ej tillräckligt att lita på det regionala nätverk som finns i Sverige. SKB berör överhuvudtaget inte frågan om huruvida denna metodik ska användas. Metodiken är idag standard i många gruvor.

s. 430 10.3.1

Jordbävningar är ej komplett behandlade i den meningen att all tillgänglig kunskap har använts i vid framtagandet av slutförvarsansökan. Visserligen har samtliga problem behandlats men dock inte med all tillgänglig kunskap och ansökan kan därför mot denna bakgrund inte anses vara komplett.

I handlingarna nämns i stort sett bara två mekanismer för jordbävningar; istider och plattetektonik. Från istider har vi klara bevis på stora jordskalv i norra Sverige. Hur det var ställt i södra Sverige saknas kunskap om då man än så länge inte hittat några tydliga spår. Att däremot påstå att recenta jordskalv helt beror på plattetektonik kan dock vara en alltför grov förenkling av verkligheten. Att spänningar från de stora

platt rörelserna påverkar vad som händer inne i de stabila plattorna är nog de flesta överens om. Om platttektoniken i sig själv hade varit den enda drivande kraften skulle vi för 1,9 miljarder år sedan under den Svecofenniska fasen se tydliga spår på deformation i dessa gamla delar i Sveriges geologi. Några sådana indikationer har än så länge inte påvisats. Tvärtom finns det tecken från t.ex. sprickmineral i gamla förkastningar som tyder på att åtminstone många av de undersökta förkastningarna inte rört på sig nämnvärt under denna tid. Alltså kan slutsatsen av detta dras att andra fenomen kan utgöra viktiga bidrag till orsakerna för dagens jordskalv (se bl.a. Björkeland et al., och Arvidsson and Kulhanek, 1994).

Istidsscenariot: Istider har i ansökningshandlingarna behandlats enligt senaste forskningsrön och är mycket väl undersökta. Dock framkommer inte av ansökan att det här är ett forskningsområde under utveckling. En modellerad istid över Norden är beroende av följande saker: 1.) Det behövs en landhöjningsmodell. 2.) Landhöjningsmodellen i punkt 1 är beroende av en modell av litosfären och astenosfären, det vill säga jordmodellen. Den jordmodell som normalt används har ofta varit mycket förenklad och är fortfarande under utveckling vilket också betyder att olika jordmodeller påverkar landhöjningsmodellen vilket i sin tur påverkar ismodellen. I förlängningen innebär det att olika ismodeller kan ge olika resultat i modelleringar av möjliga jordskalv (s. 457). Det framgår inte av ansökan om detta samband har undersökts i tillräcklig detalj eller inte för att det ska vara möjligt att dra rätt slutsatser. SGU anser dock det är bra att frågan har belysts.

s. 466 - I avsnittet belyses jordbävningens risker. Beräkningarna i t.ex. Bödvarsson et al. 2006 är inte tillräckliga för att bedöma riskerna för ett jordbävningsscenario givet dagens situation. I modern jordbävningssanalys används källzoner för den miljö vi befinner oss i. På grund av att jordbävningsskatalogerna nästan alltid är för korta brukar det användas olika alternativ, vilka skapas utifrån geologisk och seismologisk information. I SKBs ansökan har man enbart använt sig av den mest rudimentära varianten; en cirkel omkring slutförvaret. Denna del av ansökan är således inte komplett enligt dagens krav. (jämför t.ex. Coppersmith et al., 2009). I övrigt bör det framhållas att en beskrivning av dagens scenario inte nödvändigtvis är tillräcklig för att göra en korrekt riskbedömning för de kommande 100 000 åren (även utan istid). Detta avsnitt bör behandlas mer utförligt och flera alternativa förlopp bör beskrivas.

Det saknas gällande konstruktionstiden i handlingarna en modern seismisk riskanalys (se t.ex. Coppersmith et al., 2009) för slutförvaret. Det är förvisso sant att rörelserna under jord blir relativt små såvida inte en riktigt stor jordbävning inträffar. Detta gäller dock inte ovan jord och vid nedgången till slutförvaret. Ansökan är i detta avseende inkomplett.

Det har i analysen gjorts antagandet att det behövs en magnitud 5 jordbävning (sektion 10.4.5 och 10.4.6) för att integriteten i kopparkapslarna ska riskeras. Detta antagande bygger på en modell från ett arbete av Wells and Coppersmith (1994). Det finns dock andra uppskattningar än Wells and Coppersmith (1994) vilka inte

motsäger de data som detta arbete bygger utan både använder sig av observationer men även av fysiken i berget. Det är från dessa arbeten (Kanamori and Anderson, 1975, Hanks and Kanamori, 1979) som man tillsammans med modernare observationer har starka indikationer på att jordbävningar redan från magnitud 4 kan ge upphov till förskjutning av en förkastningsspricka i storleksordningen av fem (5) cm. Det råder inom jordbävningsforskningen konsensus om att detta beror på att spänningar som utlöses vid en jordbävning har stora variationer minst i storleksordningarna 1-10 MPa (och i extremfall ännu större). Förskjutning är beroende av spänningstillståndet på en spricka. Ett exempelvärde på 10 MPa, inget ovanligt i den Fennoskandiska miljön, ger en fem (5) cm förskjutning mellan de två sidorna av en förkastningsspricka för en jordbävning av drygt magnitud 4 (se Kanamori and Anderson, 1975, och Hanks och Kanamori, 1979, för detaljer). Analysen i SKBs ansökan är därför inte komplett då man använt felaktiga antaganden på storlek på jordskalv.

Ref:

Arvidsson, R. And O. Kulhanek, 1994. Seismodynamics of Sweden deduced from earthquake focal mechanisms. *Geophysical J. Int.*, 116, 377-392.

Bjyrkeland, U., H. Bungum and O. Eldholm, 2000. Seismotectonics of the Norwegian continental margin. *J. Geophys. Res.*, 105, 6221-6236

R. Bödvarsson, B. Lund, R. Roberts, R. Slunga, 2006 .Earthquake activity in Sweden. Study in connection with a proposed nuclear waste repository in Forsmark or Oskarshamn. SKB rapport, R-06-67

K. J. R. Coppersmith, R. Youngs and C. Sprecher, 2009. Methodology and main results of seismic source characterization for the PEGASOS project, Switzerland. *Swiss J. Geosci.*, 102, 91-105.

T. C. Hanks and H. Kanamori, 1979. A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research*, 84, 2350.

H. Kanamori and D. Anderson, 1975. Theoretical basis of some empirical relations in seismology. *Bulletin of seismological society of America*, 65, 1073-1095.

Beslut i detta ärende har fattats av generaldirektören Lena Söderberg.

I den slutliga handläggningen av ärendet har även enhetschefen och statsgeofysikern Ronald Arvidsson, statsgeologen Gustaf Petersson samt juristen Fredrik Bäck, den senare föredragande, deltagit.

Lena Söderberg

Fredrik Bäck

Bilaga:

1. Oberoendeklaration

Bilaga 1 – Oberoendeklaration

**Ronald Arvidsson – statsgeofysiker**

Ronald har innehaft följande uppdrag med anknytning till SKBs arbete:

1991 - Levererade seismologisk information samt skrev en sammanställning om historia och datautvärdering. I underlaget värderades inte SKB eller SKBs metoder (materialet publicerades under författaren Robert Muir Wood (Ronald med kollegor var inte angivna som medförfattare).

2002 – Inledde ett projekt med avsikt att framställa en vetenskaplig sammanställning angående jordbävningar relaterade till istiden. Resultat från projektet levererades dock aldrig på grund av sjukdom och divergerande åsikter om orsaker till dessa skalv.

2006-2008 - Arbetade som utredare för Östhammars kommun angående säkerhet för ett slutförvar.