



DokumentID
1396389

Sida
1(6)
Datum
2013-05-25

Handläggare
Christina Greis
Jan-Olof Selroos
Ulrik Kautsky

Ärende

Er referens
SSM2011-2426-106
Kvalitetssäkrad av
Saida Engström
Olle Olsson
Allan Hedin
Godkänd av
Anders Ström
Kommentar

Ert datum
2013-03-11
Kvalitetssäkrad datum
2013-06-26
2013-06-26
2013-06-26
Godkänd datum
2013-06-26

Strålsäkerhetsmyndigheten
Att: Ansi Gerhardsson
171 16 Stockholm

Granskning, se SKBdoc id 1387259

Svar till SSM på begäran om förtydligande angående radionuklidtransport

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i skrivelse till Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, begärt förtydligande av ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle angående radionuklidtransportberäkningar på fem punkter. Nedan återges SSM:s begäran punkt för punkt och svar ges på var och en av punkterna.

1. *Modellbeskrivningar för radionuklidtransport i närområdet har förbättrats sedan SR-Can, till exempel är diffusionsmotstånd mellan kompartments för Ra-226 explicit angivet i SR-Site. Detta underlättar SSM:s möjlighet att reproducera transportberäkningarna mycket, men det finns fortfarande vissa oklarheter.*
 - a. *Vid kapselbrott som orsakas av skjuvlast och pin-hål anges diffusionsmotstånden som noll eller försumbara (se tabell G-7 och G-4 i TR-10-50) utan någon kvantifiering av informationen. Eftersom radionuklidtransporten i närområdet modelleras av kompartmentmodellen, modelleras massöverföringen genom överföringshastighet (transfer rate) som beskrivs som inversen av resistansen. Om parametervärdet endast anges som noll eller försumbart är det svårt att reproducera beräkningarna. SSM önskar att SKB anger vilka värden (eller modellbeskrivningar) som använts vid transportberäkningar.*

SKB:s svar

Alla uppgifter för att beräkna efterfrågade transportmotstånd finns i rapporten. Nedan ges en detaljerad beskrivning av hur de beräknats för de fall som efterfrågas i fråga 1a.

För kompartment 1 är transportmotståndet lika med noll, men transportmotståndet mellan två kompartment är inte noll eftersom det är summan av halva motståndet från respektive kompartment enligt ekvation 34 i manualen Cliffe och Kelley (2006):

$$R_{i,j} = \frac{R_i}{2} + \frac{R_j}{2} \quad (34)$$

Svensk Kärnbränslehantering AB

Box 250, 101 24 Stockholm
Besöksadress Blekholmstorget 30
Telefon 08-459 84 00 Fax 08-579 386 10
www.skb.se
556175-2014 Säte Stockholm

Beräkning av transportmotståndet för kompartiment 2 kan göras enligt ekvation 35 i manualen Cliffe och Kelley (2006):

$$R_i = \frac{l_w}{A_w D_{e,i}^n} \quad (35)$$

where l_w is the length of the compartment in the transport direction (w can be either x , y or z), A_w is the cross-sectional area of the compartment normal to the direction of transport and $D_{e,i}^n$ is the effective diffusion coefficient for nuclide n in compartment i . Additional

För kompartiment 2 är l_w 0,05 m (givet på sidan 300, TR-10-50; SKB 2010a) A_w , som ansatts till ett fiktivt högt värde för att få ett försumbart motstånd, är 100 m^2 (givet på sidan 300, TR-10-50) och D_e är diffusiviteten för vatten (givet på sidan 300, TR-10-50; SKB 2010a) vilken är $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s} = 3,15 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{år}$ (givet på sidan 49, TR-10-50; SKB 2010a). Detta ger ett transportmotstånd för kompartiment 2 på 0,02 (år/m).

Beräkning av transportmotståndet för R_p görs enligt (ekvation G-1 TR-10-50; SKB 2010a):

$$R_p = \frac{d}{AD_e} = \left\{ A = A_{hole} = \pi r_{hole}^2 \text{ and } d = \frac{r_{hole}}{\sqrt{2}} \right\} = \frac{1}{\pi r_{hole} D_e \sqrt{2}} \quad \text{G-1}$$

where

d is the diffusion length of the plug (m) (set equal to $r_{hole}/\sqrt{2}$)

A is the diffusion area (m^2) (set equal to the area of the hole, A_{hole})

D_e is the effective diffusivity in the buffer (m^2/s)

r_{hole} is the radius of the hole (m).

Arean, som ansatts till ett fiktivt högt värde för att få ett försumbart motstånd, är 100 m^2 (givet på sidan 300, TR-10-50), vilket medför att $r_{hole} = \sqrt{(100/\pi)} = 5,6 \text{ m}$ och D_e för bentonit är $1,33 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{år}$ för Ra-226 i det deterministiska fallet (givet i tabellrubrik för tabell G-4 och G-7). Detta ger ett transportmotstånd R_p på 9,5 (år/m).

- b. I TR-10-50 anges att data som används inom radionuklidtransport sammanfattas i tabell 3-2, vilken refererar till att löslighetsgränser återfinns i TR-10-52 avsnitt 3.4. I avsnitt 3.4 i TR-10-52 hänvisas vidare till TR-10-61. De löslighetsgränser för selen som anges i TR-10-50 (tabell 3-4) och i TR-10-61 (tabell B-1) överensstämmer dock inte. SSM önskar att SKB anger vilken löslighetsgräns som används i radionuklidtransportberäkningarna för selen och förklarar varför detta värde används.

SKB:s svar

Här har det nog skett ett missförstånd från SSM:s sida. TR-10-61 (Grivé et al. 2010) är en manual till koden Simple Functions. Table B-1 i TR-10-61 (Grivé et al. 2010) är en jämförelse mellan löslighetsgränser för Forsmark och Laxemar uträknade dels med Simple Functions och dels med Hydra-Medusa. Dessa har bestämts för andra förutsättningar än för vad som gäller i SR-Site och kan således inte användas som

indata i SR-Site. I SR-Site har koden Simple Functions, med grundvatten som gäller för SR-Site, använts för att räkna ut de löslighetsgränser som sedan använts som indata till radionuklidtransportberäkningarna. Detta finns beskrivet dels i avsnitt 3.4 i TR-10-52 (SKB 2010b) och dels i Appendix F i TR-10-50 (SKB 2010a). Medianvärdet för löslighetsgränserna som räknats fram i Appendix F finns angivna i Table 3-4 i TR-10-50 (SKB 2010a) och dessa har använts för deterministiska radionuklidtransportberäkningar under tempererade förhållanden.

- TR-10-51 (avsnitt 3.10.1) anges att MARFA är en kategori 4b kod. I avsnitt 2.3 av TR-10-51 anges att QA rutinerna är: "4b. Calculations performed with codes developed within the safety assessment, frequently written in languages like C++ and Fortran. These codes are in general written with the safety assessment application in mind and have a considerably smaller user base than codes in category 3. The need for verification is thus larger for these codes." Det anges att "Software [verification] tests are summarized in the MARFA user's manual" (R-09-56), men detta dokument innehåller fel som beskrivs i Robinson och Watson (2011). Bilaga C i TR-10-50 presenterar en jämförelse mellan MARFA och FARF31. Jämförelsen gäller ett smalt användningsområde och kan inte uppfattas/tas som kontroll av MARFA i någon större utsträckning. Det kan mycket väl vara så att MARFA-koden är lämplig för den användning som gjorts av koden under SR-Site, men det finns en tydlig brist på dokumenterade bevis för att den är lämplig för användning i en säkerhetsanalys. SSM önskar att SKB förtydligar hur verifiering av MARFA-koden genomförts.*

SKB:s svar

En fullständig redogörelse för hur MARFA har verifierats och funnits lämplig för användning i SR-Site presenteras i bifogat PM (Painter 2013). I korthet redogörs i PM för att felaktiga parametervärden i den ursprungliga kod-dokumentationen (SKB R-09-56; Painter och Mancillas 2009) har rättats och att en nytgivning av rapporten har skett (OBS att fel värden angavs enbart i beskrivande text; i beräkningarna användes konsistenta värden), samt att ytterligare verifieringsfall presenteras både i Painter och Mancillas (2013) samt i själva PM. Slutsatsen är att MARFA väl hanterar de förhållanden som är relevanta för SR-Site, samt att detta nu är väl dokumenterat.

- MARFA har en direkt koppling (via ptv-filer) med DFN-resultaten från ConnectFlow. SSM efterfrågar om de stokastiska egenskaperna för berg i MARFA har använts och hur transportegenskaper för enskilda segment i ptv-filen bestäms. Detta efterfrågas också i rapporten av Robinson (2012).*

SKB:s svar

En fullständig redogörelse för frågorna ovan ges i bilagt PM (Painter 2013). Det korta svaret på delfråga ett är att funktionaliteten i MARFA för stokastiska bergens egenskaper inte har använts. Dock har probabilistiska transportberäkningar utförts såsom beskrivs i PM. Bilagt PM beskriver i detalj även upplägget med olika indatafiler för MARFA för att behandla rumslig variabilitet i segmentegenskaper.

- MARFA-koden används för att modellera korrosionsscenarioet för ett fall med förändringar i grundvattenflödet som orsakas av klimatförändring. En viktig fråga här gäller hur övergångarna hanteras. Såväl biosfären som geosfären reagerar omedelbart på förändringar i grundvattenflöde. I praktiken kommer förändringarna inte att vara ögonblickliga. SSM önskar att SKB redogör för om kontaminering som skett nära ytan i en period med högt grundvattenflöde, och som sedan mobiliseras i biosfären när flödet, och därmed utspädningen, minskar eventuellt kan leda till högre doser.*

SKB:s svar

I SR-Site analyseras effekten av förändringar i grundvattenflöde på radionuklidtransport på ett förenklat sätt (SKB 2010a, avsnitt 4.5.7). I denna analys ändras enbart grundvattenflödets magnitud, inte dess riktning, som funktion av rådande klimat (klimatdomäner). I en uppföljningsstudie gjord efter SR-Site (Selroos et al. 2012) relaxeras antagandet om riktning; i denna studie ändras sålunda både grundvattenflödets storlek och riktning som funktion av klimat (samma klimatsekvens som i SR-Site).

Den nya studien indikerar att en glacial cykel innebär en stor utspädning på transporterade radionuklider. Vidare indikerar studien att enbart en mindre andel av transporterade nuklider kommer ut ur geosfären under den period då isen drar sig tillbaka och grundvattenflödena är höga. Specifikt, för ett kontinuerligt utsläpp (med start vid 40 000 år och utsträckning 1 miljon år), så kommer enbart 3,8% av massan för en icke-sorberande nuklid ut under perioder då isen drar sig tillbaka. Detta innebär att $3,8/9/2 = 0,2\%$ kommer ut under ett enskilt tillbakadragande (9 glaciala cykler simulerade för att gå bortom 1 miljon år; 2 tillbakadraganden under varje cykel). Utsläppet sker till havet drygt 100 m under havsytan, vilket betyder att en icke sorberande radionuklid (I-129, Ra-226) snabbt späds ut och transporteras bort från området på grund av den höga vattenomsättningen (SKB 2010c, avsnitt 6.2.5, Karlsson et al. 2010).

För en sorberande nuklid som cesium är motsvarande siffra $26,6/8,33/2 \approx 1,6\%$. Detta cesium skulle principiellt kunna sorberas i sediment med mera, men i SR-Site argumenteras för att under en inlandsis tillbakadragande sker en stor omsättning av material i avlagringarna. Det mesta av nukliderna sorberas till finmaterialet (lerpartiklar) vilket transporteras över ett stort område. Detta ger en betydande utspädning och materialet avsätts som glaciärra. De lagren överlagras av finmaterial från senare avsmältning mer avlägset från Forsmark. Cirka 500 år efter isavsmältningen antas att postglaciala leror börja bildas (motsvarande år 8800 BC i referensutvecklingen). Detta diskuteras i SKB (2010c) i avsnitt 6.2.2 och 6.2.3 (sedimentation med mera). När strandlinjeförskjutningen exponerar leran för vågerosion kan en del av leran eroderas och svallas ut för att avsättas som postglaciärra i djupare, mer avlägsna områden. Eftersom morän och berghällar har en relativt stor utbredning i Forsmarksområdet jämfört med leror så transporteras merparten av finmaterialet långt bort (SKB 2010c, Figur 6-3).

Cirka 500 år efter isavsmältningen när postglaciala leror bildas antas ett utsläpp ske i dosmodellen med 1Bq/år. Dvs för den använda LDF-beräkningen integreras tidiga utsläpp strax efter isavsmältningen. För lågsorberande och kortlivade radionuklider som Ra-226 påverkar tidiga utsläpp inte alls LDF på grund av den snabba utspädningen och avklingningen. För högsorberande ämnen kan tidiga utsläpp påverka dosen på grund av att

långtidsackumulering av ett konstant utsläpp skett i sedimenten. Det är således enbart utsläpp under fasen då inlandsisen drar sig tillbaka som tillför ytterligare aktivitet som inte ingår i SR-Sites nuvarande analys. Givet de små mängder som kommer upp (0,2% resp. 1,6% för icke-sorberande och sorberande nuklider), så bedöms detta som insignifikant.

För att formellt hantera transienterna mellan olika klimatdomäner fullt ut behövs en kopplad modell för transport i geosfär-biosfär, samt att dosberäkningarna baseras på ett faktiskt utsläpp över tiden alternativt ett enhetsutsläpp i närzonen. Framtagandet av en sådan modell bedrivs inom kommande forskningsprojekt. Planen är att applicera denna kopplade modell under inkommande år och presentera resultat inom PSAR.

5. *I rapporten Little m.fl., (2012) efterfrågas en mer fullständig förklaring av modellen som redovisas i bilaga I-2 i TR-10-50, t.ex. hur sorption av Ra-226 behandlas. SSM önskar att SKB tillhandahåller denna förklaring.*

SKB:s svar

Ett utförligt svar ges i bifogat PM (Painter 2013). I korthet är svaret att den irreversibla modellen i bilaga I.2 inte har använts, utan istället den reversibla modellen i bilaga I.1. Detta är även beskrivet i avsnitt 4.5.6 i TR-10-50 (SKB 2010a).

Med vänlig hälsning

Svensk Kärnbränslehantering AB
Avdelning Kärnbränsleprogrammet

Helene Åhsberg
Projektledare Tillståndsprövning

Bilaga

Painter S, 2013. Responses to SSM on radionuclide transport. LANL. SKBdoc id 1396392 ver 1.0.

Referenser

Dokument och referenser i ansökan

Cliffe K A, Kelly M, 2006. COMP23 version 1.2.2 user's manual. SKB R-04-64, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Grivé M, Domènech C, Montoya V, Garcia D, Duro L, 2010. Simple Functions Spreadsheet tool presentation. SKB TR-10-61, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Karlsson A, Eriksson C, Borell Lövstedt C, Liungman O, Engqvist A, 2010. High-resolution hydrodynamic modelling of the marine environment at Forsmark between 6500 BC and 9000 AD. SKB R-10-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Painter S, Mancillas J, 2009. MARFA version 3.2.2 user's manual: migration analysis of radionuclides in the far field. SKB R-09-56, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010a. Radionuclide transport report for the safety assessment SR-Site. SKB TR-10-50, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010b. Data report for the safety assessment SR-Site. SKB TR-10-52, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010c. Biosphere analyses for the safety assessment SR-Site – synthesis and summary of results. SKB TR-10-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Övriga referenser

Painter S, Mancillas J, 2013. MARFA version 3.2.3 user's manual: migration analysis of radionuclides in the far field. Posiva Working Report 2013-01, Posiva Oy.

Selroos J-O, Cheng H, Painter S, Vidstrand P, 2012. Radionuclide transport during glacial cycles: comparison of two approaches for representing flow transients. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. doi:10.1016/j.pce.2012.10.003