



DokumentID	1319608	Sida	1(10)
Ärende	Handläggare Olle Olsson, Jan-Olof Selroos Er referens	Datum	2011-12-07
		Ert datum	2011-11-01

Strålsäkerhetsmyndigheten  
Att: Eva Simic  
171 16 Stockholm

## Klarlägganden avseende hydromodellering

Härmed översändes klarläggande svar på de frågor som ställdts i Ert mail daterat 2011-11-01.

Klarläggandena avseende R-09-19 har sammanställts av Jan-Olof Selroos, Urban Svensson och Sven Follin.

Klarläggandena avseende R-09-20 har sammanställts av Jan-Olof Selroos och Steve Joyce.

SKB:s svar är skrivna med röd text.

Med vänlig hälsning

**Svensk Kärnbränslehantering AB**  
Kärnbränsleprojektet

Olle Olsson  
Projektchef

## Frågor kopplade till hydromodelleringsrapporten, SKB R-09-19

Sida 14 första stycket

Det är inte uppenbart hur R-09-22 förhåller sig till R-09-19. R-09-22 innehåller till stor del samma information som R-09-19, men i vissa fall är den mer detaljerad. Exempelvis vad gäller beskrivningen av det så kallade base case. Hur är tanken att man ska läsa rapporterna tillsammans?

The objectives of R-09-22, as given in section 1.2 of the report, are to:

- Provide an integrated account of all hydrogeological modelling performed as part of SR-Site. This is to serve as a benefit to readers who want an integrated description of all hydrogeological modelling performed.
- Summarise the hydrogeological modelling strategy and model setups used in SR-Site, specifically how the different time periods, scales, and model tools relate to each other.
- Provide a rationale for the hydrogeological base cases and variants defined for the different hydrogeological model applications.
- Provide an evaluation and discussion of the results obtained in the different hydrogeological model applications.
- Present additional analyses, results and comparisons of importance for SR-Site not included in the Level III reports.

Thus, a reader primarily interested in inflow calculations will find all pertinent information in report R-09-19, i.e., the report is a stand alone report. However, if the reader is interested in how the set-up in R-09-19 relates to the SDM-Site model and the Hydrogeological Base Case of SR-Site, additional information is provided in report R-09-22. Also, the correlation analysis between inflows during open conditions and Darcy flux during saturated conditions is presented in R-09-22 since this analysis combines results from both R-09-19 and R-09-20.

Sida 34 andra stycket

/Follin et al. 2005/ saknas i referenslistan, menas R-05-11?

Follin S, Stigsson M, Svensson U. Regional hydrogeological simulations for Forsmark - numerical modelling using DarcyTools. Preliminary site description Forsmark area - version 1.2, SKB R-05-60.

Sida 34 tredje stycket

Parametern  $\alpha_{\min}$  sätts till  $10^{-10} \text{ s}^{-1}$ . På sidan 46 i R-09-22 beskrivs att  $\alpha_{\max}$  sätts till  $10^{-3} \text{ s}^{-1}$ . Finns det en referens som visar vad dessa värden baseras på?

The reference is found in report R-07-38 on pages 26 and 35.

Sida 35 andra stycket

Under första punkten hänvisas till tabell 4-1. Finns det en referens till var värdena i tabellen kommer ifrån?

The properties for the top 20 metres are found from the calibration of the ground water level for undisturbed conditions. The relation to field data is given by Figure 4-5.

Under sista punkten står det att tryck- och salinitetsvärden på modellranden är härledda från en simulering av strandlinjeförskjutningen. Finns det en referens till denna härledning?

The conditions at 2000 AD are first calculated by simulating transient boundary conditions between 8000 BC and 2000 AD. The initial conditions for this simulation are provided in Table 4-2 in R-09-19. Second, flow during open repository conditions is simulated with the pressure and salinity solutions at 2000 AD as initial conditions.

Referensen till SDM arbetet med tabell 4-2 är oklar med tanke på att de data som beskrivs i tabellen inte återfinns i Selroos och Follin (2010). Det beskrivs värden ner till 2300 m djup i tabellen, men modellen som används i rapporten har en domän som endast går ner till 1200 m djup. I R-09-22 beskrivs på sidan 47 randvillkoren och ett värde på 3% är givet för 1200 m djup. Tabell 4-2 indikerar en högre salinitet vid detta djup. Finns det en referens som samlat redovisar rand- och initialvillkor med referenser till de data de är baserade på?

First, the reference for the initial conditions shown in Table 4-2 is R-08-95, see Figure 2-11 and Table 2-3 (to be used in combination). It is noted that Table 4-2 is identical to Table 5-2 in R-09-21 (glacial modelling). R-09-21 uses a much deeper model domain than R-09-19, D=2.1 km vs D=1.2 km. The reason for this difference is the thickness of the ice sheet primarily. D=1.2 km is used in R-09-19 since the DZ model and the DFN simulations used in R-09-19 come from R-09-20, which uses D=1.2 km.

Table 4-2 says that the salinity at D=1.2 km is approximately 5.3% in the footwall bedrock, whereas it is approximately 2.8% (~3%) outside this volume. The information provided on page 47 in R-09-22 is correct but obviously refers to the latter volume. However, as a consequence of our follow up investigation, the following mistake in the boundary condition assignment has been discovered in the model setup of R-09-19, see the figures below.

The uppermost figure shows the two volumes of bedrock associated with the initial conditions specified in Table 4-2. We use here the letter 'F' to denote the footwall bedrock below the gently dipping zone A2 and the letter 'E' to denote the bedrock elsewhere, i.e., above this zone as well as outside the tectonic lens.

The lower most figure shows the mistake made. The model domain ends at 1.2 km depth but the Footwall bedrock below zone A2 ends at 1.1 km (= the depth of model domain used in SDM-Site).

However, in R-09-19, the computational grid ends at D=1.2 km. Far away from the repository, including the bottom boundary, the grid resolution is coarse, i.e., large grid cells are used (= 128 m). Hence, the bottom most grid cell node, where the BC for salt is assigned, is not located at D=1.2 km, but higher up, i.e.,  $\frac{1}{2}$  cell size up to be correct. At  $(1200 - \frac{1}{2} * 128 = 1136\text{m})$  the salinity is around 5%.

The algorithm used in R-09-19 for implementing the initial conditions shown in Table 4-2 used the "Elsewhere" condition for the bottommost layer since FFM01 ends at 1.1 km.

Table 4-2 in R-09-19									

Vilken tidsmässig upplösning har modellen? Hur relaterar den till tidsmässiga upplösningen av data den har kalibrerats mot, exempelvis figur 4-8?

Note that the model has not been calibrated against the data in Figure 4-8; only the steady state situation was considered for the comparison with surface hydrology data, see Figure 5-3. Generally, the model was used in a transient mode for the different stages of the repository. However, as a small value of specific storativity was used, the pressure response due to changes is probably too fast. The main effect of time evolution is therefore expected in the salinity field.

Sida 45 första stycket

Det framgår bara delvis med hänsyn till vilka resultat känsligheterna undersöks. För fall 1 till 3 handlar det om inflöde till tunnlar men vilka resulterande parametrar undersöks för de andra fallen?

**It is probably correct to state that the inflow to the repository is in focus for all sensitivity cases carried out. One could add that a secondary objective is to study if the model behaves as expected, when some condition is changed.**

Sida 56 fjärde stycket

Det är oklart hur figur 4-26 har tagits fram. Skulle ni kunna ge en utförligare beskrivning av vad som har räknats med vilka data och vad figuren har för betydelse i sammanhanget?

**For each cell, a porosity value and a vertical permeability value are plotted as a pair in Figure 4-26. The argument for including the figure is that it to some degree explains advective travel times, similar to Figure 4-27.**

Sida 64 tredje stycket

Under andra punkten förklaras att inflödena till förvaret kan förklaras med hjälp av tryckgradienterna som visas i figur 5-10. Har inte de vertikala gradi-enterna stor betydelse också? Det är svårt att avgöra hur stora de horisontella gradienterna är eftersom det inte finns någon skala.

**Figure 5-10 indicates only that the gradient is at maximum on the border of the layout. The existence of significant vertical flow paths is obvious from Figure 5-14.**

Sida 68

I figurtexten står det att det residuala trycket visas. Är detta korrekt med tanke på formuleringen i ekv 3-3 på sida 31? Handlar det inte om den så kallade "gauge" pressure?

**The pressures are related through the equation  $P = p + \rho_0 g z$  where  $P$ =residual pressure and  $p$ =gauge pressure. In the tunnel,  $p=0$ , i.e.,  $P=-465 \rho_0 g$ , which is what the figure shows.**

Sida 71

Är värdena för saliniteten värden under eller över tunnlarna? Ovanför tunnlarna bör saliniteten avta med tiden medan den bör tillta under tunnlarna om det blir inflöde och flöde uppåt från större djup. I tunnlarna bör man få en blandning av vatten upp- och nerifrån.

The elevation -465 m is right through the repository. We agree that it could be interesting to study two sections, one 10 metres above the repository and one 10 metres below the repository. These two sections would reveal if we have strong upconing below the repository and strong transport from ground level above the repository.

#### Sida 75 andra stycket

I texten hänvisas till kursivställda värden i tabell 5-2. I tabellen finns inga kursivställda värden.

The text typed in *italics* was lost in the printing process. In short, columns 5-7 should be in *italics* as well as the right-most half of column 4.

#### Sida 76

Under andra och tredje punkten står det att fall fem har en stor påverkan på kalibreringen av inflödet till SFR. På vilket sätt?

It was found that using the extended Hydro-DFN and/or using a lower vertical hydraulic conductivity of the sediments changed the inflow to SFR significantly (see also Table D-2). It was also found that the introduction of these two features improved the agreement with measured heads.

#### Sida 110 första stycket

Vilka parametrar har man skruvat på för att kalibrera?

The following conditions were used for the calibration:

- Grouting efficiency according to level II (Table 4-3) was found suitable.
- The extended DFN was used as delivered.
- The HSD below the Baltic was given a value that gave a total drawdown (see Table D-2) in some agreement with measured drawdown.

## Frågor kopplade till hydromodellering, SKB R-09-20

Sida 30 näst sista stycket

För en diskussion om  $a_r$  värden hänvisas till Appendix C. Är det rätt uppfattat att parametern  $a_r$  och parametern  $\sigma$  representerar samma storhet, men parameteriseras på olika sätt i ECPM modellen? Betyder det i så fall att kalibreringen av hydromodellen mot hydrokemiska data inte har någon inverkan på modellerna som används för radionuklidtransportberäkningarna?

It is correct to say that  $a_r$  and  $\sigma$  are both a representation of fracture surface area per unit volume, as described in Appendix C on page 141, and that they are parameterised separately, although at different scales ( $\sigma$  is defined per rock type and  $a_r$  is defined per finite element). The main effect of the calibration of the ECPM model parameters against hydrochemical data is through its effects on salinity and hence the density-dependent flow field. Most of the flow path used in radionuclide transport is within a DFN model where transport properties are dependent on network connectivity, transmissivity and transport aperture,  $a_r$  is only used where it is necessary to continue tracking through an ECPM model of distant flow. There  $a_r$  has been based on the underlying local fracture surface area implied by the DFN, which is generally less than the  $\sigma$  used for Rock Matrix Diffusion.

Sida 36 Figure 3-10

I de gröna rutorna står det regional-scale hydro-DFN. Är hydro-DFN inte endast definierat för en liten del av site-scale modellen, närmare bestämt de så kallade fracture domains ett till sex? Varför används inte utströmningspunkterna från repository-scale site scale-scale continuation för biosfärsmodelleringen?

The term regional-scale hydro-DFN is used to refer to the DFN that forms the basis of the upscaled ECPM used in the regional-scale model. A sub-volume of these fractures are used in the site-scale and repository-scale models. The regional-scale hydro-DFN does only cover the volume defined by FFM01 to 06, but this is a larger volume than the DFN sub-domain of the site-scale model. Particle-tracking in the site-scale model involves particles moving first through the DFN sub-domain and the ECPM model of the soil and surrounding volumes to the surface. Relative to the repository-scale model it only lacks some resolution of the detailed flow around the deposition hole, but represents adequately the rest of the flow-path to the surface. The site-scale paths were only used to provide exit locations for the biosphere modelling, because they could be practicably obtained for a greater number of release times. They were considered to be sufficiently accurate for this purpose.

På sida 49 beskrivs performance measures för site-scale modellen. Hur kommer de in i detta diagram?

The performance measures ( $Q_{eq}$ ) calculated in the site-scale model are not used in the assessment; it is in the report just indicated how they could be obtained. Thus, all  $Q_{eq}$  values used in the assessment are obtained from the repository-scale model.

In Figure 3-10 it is indicated that Performance Measures are calculated based on the continuation of particle tracking in the site-scale model. This is true for advective travel time and  $F$ ; however, Darcy flux and  $Q_{eq}$  are quantified in the repository-scale model (this is unfortunately not clear from the figure, but is explained in the text).

Sida 39 andra stycket

Bankningsplanen representeras enligt texten med tre sprickplan på olika djup och att egenskaperna av dessa har tagits fram genom interpolation av plats-data. Finns det en referens till en närmare beskrivning av dessa data och interpolationen?

Små sprickor tas explicit med i modellen kring förvaret. Representeras dessa även utanför detta område?

The representation of the sheet joints is described in more detail in section 3.10.3 of /Follin et al. 2007b/ (R-07-49).

No. The smallest fractures (less than 5.6 m radius) are only present close to the repository structures. The effects of small fractures on connectivity were investigated in detail for the more connected systems at Laxemar, see section 10.4.5 of R-08-78, and on hydraulic conductivity in Table 10-21 of R-08-78. For the sparse fracturing at Forsmark, small fractures are less likely to form part of a connected network and hence unlikely to flow on the scale of 100s meters of relevance to bulk flow-rates relevant to the far-field, even more so if transmissivity is correlated to size.

Sida 44 andra stycket

Finns det en referens till parameteriseringen av diffusionsberäkningarna med tanke på att diffusionen representeras på olika sätt för korta och långa tider, vilket vad jag har uppfattat inte beskrivs i Appendix C.

The parameterisation of  $\sigma$  is described in section C.5 on page 143.

Sida 47 tredje stycket

Det beskrivs att fluxen till alla sprickor inkluderas som skär deponeringshålet för beräkningarna av  $Q_{eq}$  och att detta görs för att vara konservativ. Varför anses detta vara konservativt till skillnad från realistiskt?

A realistic approach would be to consider the flow in the immediate vicinity of a failure point in the canister. This is likely to involve only a single fracture, which could have a low flow and/or low contact area in the calculation of  $Q_{eq}$ . Considering the greater flow and contact area associated with all the fractures that intersect the deposition hole provides a larger  $Q_{eq}$  to the near-field model.

Sida 48 sista stycket

Det beskrivs att det antas att en diffus jämnvikts (diffusive equilibrium) av radionuklidor uppnås i tunnelåterfyllningen. Var goda beskriv lite mer utför-ligt vad som menas med det.

Hur bestäms vilken spricka som är den första som partikeln kommer i kontakt med?

The diffusion of radionuclides in the tunnel backfill is considered in the near field modelling. Diffusive equilibrium is an assumption in the near-field model. The required input to the near-field model is an equivalent advective flow rate into the first fracture encountered along a flow-path. This is obtained from particle tracking calculations by releasing a particle in the backfill just above the deposition hole (Q3) and determining where the particle first leaves the tunnel and enters a fracture. Hence, it is not the nearest downstream fracture, but the first downstream fracture as seen along a flow-path.

Sida 49 första stycket

$L$  sätts till 7 m. Som det beskrivs i TR-10-18 sida 24 borde denna längd vara något större, varför 7 m?

The supplied repository layout stated the deposition tunnel cross-sectional area to be  $19.2 \text{ m}^2$  (based on the terminology from R-02-23 and areas from PIR-07-22). This gives a radius of 2.47 m and hence a half-circumference of 7.77 m. This was rounded down to 7 m for consistency with SR-Can.

### Sida 49 andra stycket

Varför är det inte lämpligt att summera över alla sprickor som skär sprickan som representerar deponeringshålet? Hur bestäms vilken spricka partikeln transporteras ut från hålet om det skärs av flera sprickor? Se även fråga för sida 55 andra stycket.

In the site-scale model there is no representation of the deposition hole and so there is no way to treat the fractures that might intersect the deposition hole volume. In this situation, it is not appropriate to sum over fractures and a single fracture must be selected. If there are several candidate fractures for particle release then the one with the highest flux is chosen.

### Sida 49 tredje stycket

$L$  definieras som halva omkretsen av deponeringshålet. Varför inte en längd motsvarande den som används i ekvation (3-7). Varför sätts  $L$  till 2.8 m? Parametern  $w$  definieras som deponeringshålets höjd eller sprickbredd. Är det så att sprickbredden (och längden eftersom sprickorna är kvadratiska) är lika långa som deponeringshålet?

In eq. 3-7 the length is set according to the actual lengths of intersections between the fractures and the deposition hole volume in the model. Since there is no representation of the deposition holes in the site-scale model, this approach cannot be followed. Therefore, a simplified and conservative assumption is made that the intersection is with the full circumference of the deposition hole. Given that flow is around both sides of the deposition hole, then the length becomes half the circumference. The radius of a deposition hole is 0.875 m, which gives a half circumference of 2.749 m. This was rounded up to 2.8 m for consistency with SR-Can. For  $w$ , the fracture width is used for Q2 (the EDZ thickness of 0.3 m) and Q3 (an assumed zone thickness of 2.5 m). For Q1, the canister height of 5.0 m is chosen for consistency with SR-Can.

### Sida 52 första stycket

Det saknas mer precisa referenser till relevanta delar av SDM-site med tanke på att R-05-08 inte innehåller all information utan det där hänvisas vidare till andra rapporter.

Appendix C gives the relevant references, the key modelling ones being /Follin et al. 2007b/ (R-07-49) and /Follin et al. 2008/ (R-08-23).

### Sida 53 tredje stycket

Finns det en referens till parameteriseringen av zonernas stokastiska egen-skaper?

/Follin et al. 2008/ (R-08-23), section 5.2.2.

### Sida 53 fjärde stycket

CPM modellen sägs vara identisk till den som användes i platsbeskrivande modelleringen fast med ändringar enligt Appendix C. Det saknas en mer precis referens till beskrivningen i SDM.

Appendix C gives the relevant references, the key modelling ones being /Follin et al. 2007b/ (R-07-49) and /Follin et al. 2008/ (R-08-23).

### Sida 55 första stycket

En mer precis referens till var i dokumentationen av den platsbeskrivande modellen HSD beskrivs är önskvärd.

/Follin et al. 2008/ (R-08-23), section 3.4.1.

Sida 55 tredje stycket

Det saknas en referens till var rand- och initialvillkoren beskrivs. Jag har spårat från R-08-05 till R-07-49 sida 94 men där finns inte konkreta siffror och inte allt beskrivet. Exempelvis beskrivs inte de hydrauliska initialvillko-ren. Det finns en hänvisning till en parameterisering av en tidigare modell (R-07-20), men det är oklart om den modellen stämmer överens med SDM modellen i alla delar. Var finns beskrivningarna av de fullständiga rand- och initialvillkoren och hänvisningar till de data de är baserade på?

The initial conditions are described in /Follin et al. 2008/ (R-08-23), section 3.6 and the boundary conditions in section 3.6.1.

Sida 55 andra stycket

Deponeringshål är inte explicit representerade i site-scale modellen enligt texten. I tabell 4-2 finns dock deponeringshålens egenskaper listade. Hur ska tabell 4-2 tolkas för site-scale modellen? Hur förhåller sig avsaknaden av explicita deponeringshål till beskrivningen av  $Q_{eq}$  på sidan 49 (eller sidan 159) där  $Q_{eq}$  beräknas för de sprickor som skär deponeringshålen eller depo-neringstunnlarna? Denna fråga kopplar nog till frågan om andra stycket på sidan 49.

Table 4-2 relates to both the site-scale and repository-scale models (as stated in the caption). A single table was used to avoid repetition. The deposition hole properties are not relevant for the site-scale model since they are not represented. How  $Q_{eq}$  is handled in the site-scale is described in a previous answer. But  $Q_{eq}$  as calculated by the site-scale model was not used in radionuclide transport calculations. The main purpose of the site-scale model was for continuation of paths beyond the boundaries of the repository-scale models.