



DokumentID
1437441

Sida
1(11)
Datum
2014-07-03

Handläggare
Christina Lilja
Patrik Sellin
Allan Hedin

Ärende

Er referens
SSM2011-2426-140
Kvalitetssäkrad av
Helene Åhsberg
Godkänd av
Martin Sjölund
Kommentar
Granskning, se SKBdoc 1387259

Ert datum
2013-12-17
Kvalitetssäkrad datum
2014-07-03
Godkänd datum
2014-07-03

Strålsäkerhetsmyndigheten
Att: Ansi Gerhardsson
171 16 Stockholm

Svar till SSM på begäran om komplettering rörande grundvattenkemi på kort och medellång sikt

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i sin skrivelse till Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, daterad 2013-12-17 (SSM2011-2426-140) begärt komplettering av ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle kring utveckling av grundvattenkemi på förvaringsdjup på kort och medellång sikt på följande tre områden:

- 1. En beräkning av i vilken utsträckning inläckage av syre genom en deponeringshålsplugg påverkar degraderingsprocesser för kopparkapseln.*
- 2. En analys av huruvida särskilda förhållanden som råder vid förvarets drift eller för tiden närmast efter förslutning kan leda till mikrobiell sulfatreduktion samt bidrag till kopparkorrosion.*
- 3. En analys av risken för att inflöde av ytvatten kan medföra kemisk erosion av bufferten redan under förvarets driftstid.*

1. En beräkning av i vilken utsträckning inläckage av syre genom en deponeringshålsplugg påverkar degraderingsprocesser för kopparkapseln.

SSM efterfrågar här en redovisning av definitionen på gastäthet hos pluggen för deponeringstunneln, vilka krav som måste ställas på tunnelpluggen för att uppnå gastäthet samt vilka förutsättningar som finns att uppnå dessa krav samt en redovisning av beräkningar till stöd för omfattningen av inläckage av syre från en stamtunnel respektive dess betydelse för kapselns initiala degraderingsprocesser.

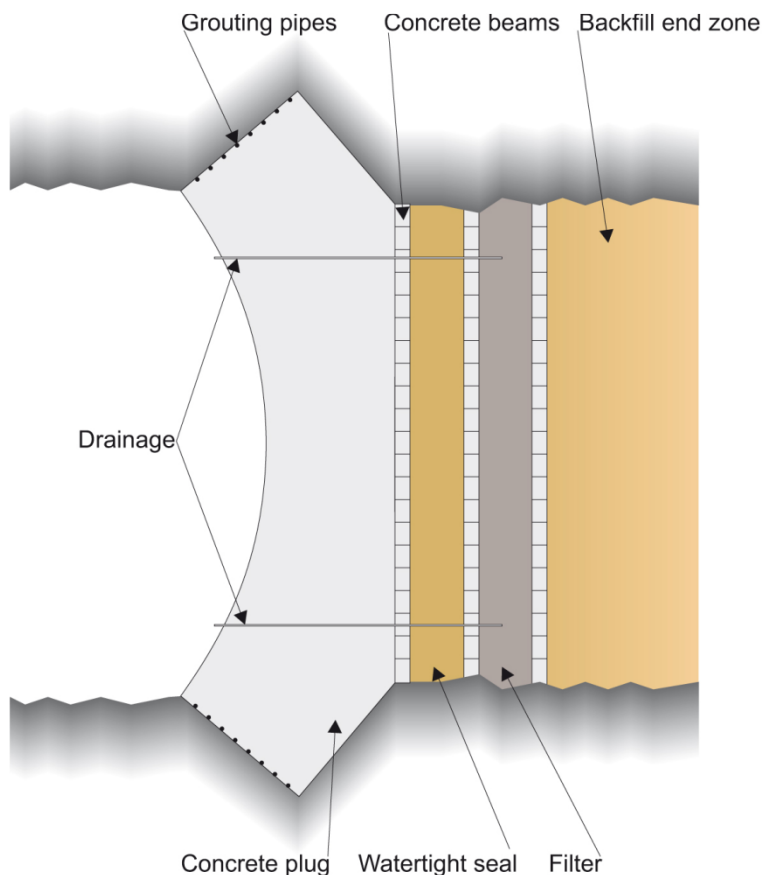
SKB:s svar

Gastäthet hos tunnelpluggen

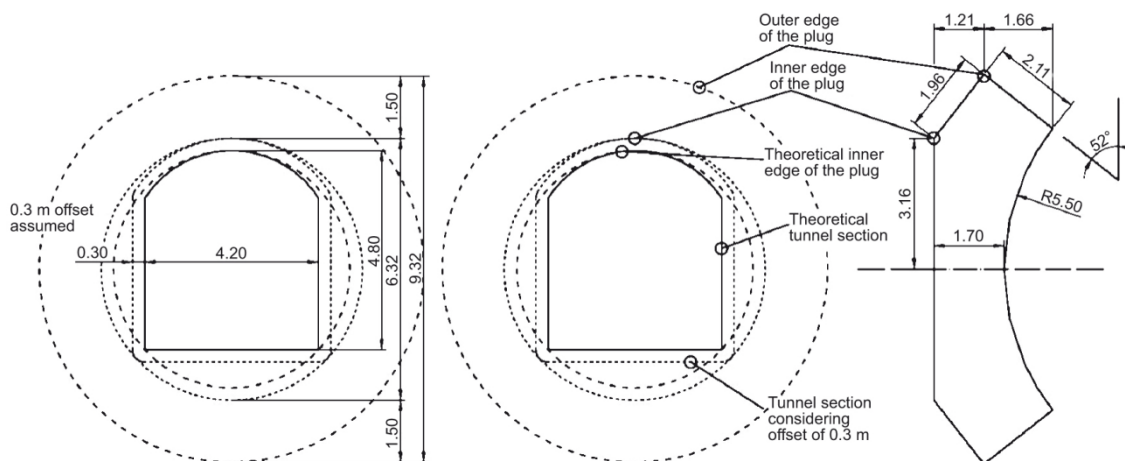
Gastäthet definieras här som förmåga att förhindra transport i en gasfas. Det gäller inte transport av löst gas i vattenfas. Referensutformningen av pluggen framgår av figur 1 och figur 2. Pluggen måste förhindra transport av gas i gasfas mellan en försluten deponeringstunnel och stamtunneln fram till den tidpunkt då stamtunneln vattenfylles. Detta är viktigt inte bara för att förhindra att syre tränger in i tunnarna utan också för att förhindra att vattenånga tränger ut. Detta är särskilt viktigt i tunnlar med lågt vatteninflöde

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

som ju förväntas vara ”torra” under förvarets driftstid. I praktiken förväntas detta krav fyllas av pluggens design. Vid driftsättningen av en deponeringstunnelplugg kommer filtret att vattenfyllas från utsidan via anslutningar till dräneringsrören. Bentonittätningen kommer därmed successivt att vattenmättas på konstgjord väg, vilket medför att pluggen effektivt kommer att förhindra transport av vattenånga. Transport av syre blir bara möjligt med diffusion av löst syre genom bentonittätningen. Denna blir ytterst begränsad på grund av den låga lösligheten och diffusiviteten för syre i bentonitens porvatten, den geometriska begränsningen av ytan och den relativt sett korta driftstiden för förvaret (tiden fram till det stamtunneln vattenfylls).



Figur 1. Schematisk bild av referensdesignen för tunnelpluggen (SKB 2010a).



Figur 2. Betongpluggens dimensioner.

I de deponeringstunnlar där tunneln inte förväntas att vattenfyllas under förvarets driftstid kommer pelletsfyllningen att vara torr och transportkapaciteten för gas i återfyllningen kommer att vara avsevärd. Om tunnelpluggen inte är gastät innebär detta att:

1. Syre från luften i stamtunnlarna kan transporteras in, vilket kan ge ökad kapselkorrosion.
2. Vattenånga kan transporteras ut, vilket torkar ut återfyllningen och möjliggör transport av fukt från bufferten i deponeringshålen till återfyllningen. Detta skulle kunna påverka buffertens värmeledningsförmåga.

I SR-Site förutsattes att varken syre eller vattenånga transporterades genom pluggen under förvarets driftsskede.

Beräknat inläckage av syre från stamtunnel om pluggen inte vore gastät

Betydelsen av transport av syre genom en icke gastät plugg kan uppskattas genom att jämföra mängden intransporterat syre med den mängd som ursprungligen finns innanför pluggen.

I SKB (2010a) uppskattas de ursprungliga volymerna av luft och vatten per meter deponeringstunnel till 4,62 respektive 5,80 m³. Med ett syrenehåll av 9,38 mol/m³ i luft och 0,3 mol/m³ i vatten fås en total mängd syre på 270 mol i en 6-meters tunnelsektion ovanför ett deponeringshål. Bufferten i ett deponeringshål innehåller 1,71 m³ luft och 3,24 m³ vatten (SKB 2010b). Detta ger ett syremängd i bufferten på 17 mol.

Med antagandet av en typisk tunnellängd på 300 m med 50 deponeringshål blir den totala mängden instängt syre 14 400 mol.

Trycket i en deponeringstunnel kommer att vara detsamma som i stamtunnlarna innan de börjar vattenfyllas (~1 atm). Därmed finns det ingen tryckgradient som skulle kunna driva transport av luft genom pluggen. Om man dock pessimistiskt antar att allt syre förbrukas omedelbart (t ex genom korrosion av kopparkapslarna) kommer trycket att sjunka till ~80 % av det ursprungliga. Den totala mängd luft som kan transporteras in kan uppskattas genom att anta att det förbrukade syret ersätts med kväve. Detta motsvarar ~390 m³ eller

~3 700 mol, vilket motsvarar en ökning på drygt 25 % i en tunnel. Om allt syre som transporteras genom pluggen pessimistiskt antas orsaka kapselkorrosion och om korrosionen pessimistiskt antas angripa endast kapseln i deponeringshålet närmast pluggen fås ett korrosionsdjup på 6 mm jämnt fördelat över kapselns yta eller 120 mm (det vill säga mer än kopparhöljets tjocklek) om syret bara korroderar kapselns lock.

Om pluggen inte är gastät kan syre också transporteras in med diffusion i gasfas. Gasdiffusiviteten i betongpluggen kan antas vara relativt låg, men det går inte att utesluta att det bildas en spalt mellan den gjutna pluggen och berget. För att illustrera betydelsen av diffusion antas att pluggen har en omkrets på 25 m och att spalten är 4 m djup. En pessimistisk spaltvidd på 10 mm ger en area på 0,25 m². Med en gasdiffusivitet på 2×10^{-5} m²/s och konstanta syrekoncentrationer på ut- och insidan av pluggen på 9,4 respektive 0 mol/m³ fås ett flöde på $1,2 \times 10^{-5}$ mol/s eller 360 mol/år. På 40 år har samma mängd syre transporterats in till tunneln som fanns där ursprungligen. Detta förutsätter att inga transportmotstånd inne i tunneln tillgodoses. En spalt på 10 mm runt hela betongpluggens omkrets är helt orimlig, ett mer realistiskt värde vore kring 1 mm i pluggens övre del och då minskar den diffusiva transporten av syre med minst en faktor 10.

Utdiffusion av vattenånga genom spalten kan uppskattas på samma sätt, men där är det inte lika enkelt att ansätta relevanta luftfuktigheter. Generellt går det dock att anta att ångtransporten sätter lägre krav på pluggens gastäthet än vad transporten av syre gör.

Krav på tunnelplugg

Ovanstående beräkningsexempel är i flera avseenden pessimistiska, men slutsatsen är ändå att transportkapaciteten för syre i en kontinuerlig gasfas är hög och att det är nödvändigt att vattenmätta tätningen i pluggen ("watertight seal" i figur 1).

SKB definierar "gastät" som en situation där det inte finns en gasfas i den hydrauliskt tätande delen av pluggen. Detta går att uppnå genom att lägga på ett vattentryck i de dräneringskanaler som finns installerade i pluggen. Kravet på gastäthet, i detta avseende, kan antas vara uppfyllt om det bibehålls en vattenpelare (ett vattentryck) i filterdelen av pluggen ("filter" i figur 1) under hela förvarets driftsperiod. Filtrets vattentryck kan kontrolleras utanför deponeringstunneln genom att dräneringsrörens utlopp förses med avstängningsventiler där porttrycksgivare kan anslutas. Det finns också möjlighet att förlänga dräneringsrörets mynning till taket i stamtunneln för att upprätthålla en lägsta vattennivå i filtret.

Med antagandet att spalten, i fallet ovan, är vattenfylld och att transporten av syre sker genom diffusion av löst syre i vattenfas, hamnar diffusiviteten på $\sim 10^{-9}$ m²/s (diffusivitet i rent vatten) och koncentrationen på utsidan av pluggen på 0,3 mol/m³ (löslighet av syre i vatten vid atmosfärstryck). Transporthastigheten sjunker då med mer än fem storleksordningar. Detta är dock inte helt pessimistiskt eftersom den diffusiva transporten genom själva betongkonstruktionen försummas. Ett gränssättande fall är istället att helt försumma betong och bentonitkomponenter och att anta att hela diffusionsmotståndet sitter i filtret i pluggen. Med antagandet om att hela tunnelarean ($4,2 \times 4,8$ m²) är tillgänglig för diffusion, att filtrets tjocklek är 0,6 m och att diffusiviteten är densamma som för rent vatten (filtermaterialet försummas) fås ett flöde på $\sim 10^{-8}$ mol/s, vilket är tre storleksordningar lägre än exemplet med diffusion av gas i en luftspalt. Detta visar att diffusion av löst syre är en långsam process i perspektiv av driftstiden för förvaret. Även

om stamtunneln stod öppen i 100 år skulle detta inte ge diffusiv transport av mer än cirka 30 mol syre genom pluggen. (Advektiv transport genom ett mättat filter förväntas inte i detta skede eftersom inget drivande vattentryck finns för advektiv transport.)

2. *En analys av huruvida särskilda förhållanden som råder vid förvarets drift eller för tiden närmast efter förslutning kan leda till mikrobiell sulfatreduktion samt bidrag till kopparkorrosion.*

SKB:s svar

Sulfatreduktion under förvarets driftstid och för tiden närmast efter förslutning

I grundvattnet på förvarsdjup kan en viss nivå av mikrobiell reduktion av sulfat till sulfid förväntas. Detta är huvudkällan till de sulfidhalter som påträffas i djupa grundvatten i granitiskt berg. I säkerhetsanalysen SR-Site ansattes, baserat på uppmätta sulfidhalter vid SKB:s platsundersökningar i Forsmark och på förståelsen av de processer som bestämmer sulfidhalterna, en fördelning med centralvärdet omkring 10^{-6} M och med ett högsta värde av $1,2 \times 10^{-4}$ M, se vidare avsnitt 4.3.5 i SKB (2010c).

Under ostörda förhållanden begränsas i allmänhet den mikrobiella sulfatreduktionen av mikrobernas tillgång till energi och kol, t ex i form av lämpliga typer av organiskt kol i grundvattnet. Under förvarets driftstid och tiden kort därefter kan meteoriskt vatten från ytan nå förvarsdjup, och snabbare än under de tempererade förhållandena efter förslutningen. Sådant vatten kan vara tillräckligt rikt på lämpligt organiskt kol för att tillgången till sulfat ska bli begränsande för den mikrobiella sulfidproduktionen på förvarsdjup. Denna typ av organiskt kol förbrukas snabbt i grundvattnet och de förhöjda halterna av organiskt kol på förvarsdjup uppkommer därför bara så länge grundvattenflödena i berget är förhöjda till följd av förvarets uppförande och drift, det vill säga under typiskt 100 år. Det gäller vidare bara de delar av förvaret där grundvattenflödena kan förväntas vara höga under driftstiden, medan stora delar av förvaret i Forsmark förväntas ha en begränsad omsättning av grundvatten också under driftstiden.

Pessimistiskt kan koncentrationen av sulfat i nedträngande vattnet ansättas som en gräns för hur hög sulfidkoncentrationen på förvarsdjup kan bli. Den maximala sulfathalten utgörs då av en utspädd puls av ytvatten till förvarsdjup, även om det är troligt att det sker en utspädning på vägen. De högsta uppmätta sulfathalterna vid ytan är i storleksordningen millimolar (se även bilaga, SKBdoc 1396704, till tidigare komplettering rörande långsiktig utveckling av grundvattenkemi på förvarsdjup). En halt på 1 mM kan därför ansättas som den maximala, men inte troliga, sulfathalten som man kan få på förvarsdjup under cirka 100 år efter att förvarsuppförandet inletts. Den maximala sulfidhalten blir därmed 1 mM under dessa förhållanden.

Under och omedelbart efter förvarets uppförande och drift kan också organiskt material som tillförts under byggnationen bidra som energikälla för mikrober, så som t ex omnämns i Gimeno et al. (2010). Denna källa till sulfidproduktion är behandlad med en massbalansberäkning i SR-Site, se avsnitt 10.2.5 och 10.3.13 i SKB (2011).

Korrosionseffekter av initialt högre halt sulfid i grundvattnet

Förhöjda flöden under och omedelbart efter uppförande och drift kan förväntas i delar av förvaret och också enligt ovan ge upphov till förhöjda halter av sulfid i grundvattnet. Dessa delar av förvaret kommer också att karakteriseras av en jämförelsevis snabb återmättnad av deponeringstunnlar och deponeringshål. För att gränssätta effekterna av dessa förhållanden vad gäller korrosion av kopparkapslarna antas pessimistiskt att den del av porvolymen som initialt är gasfylld i buffert och deponeringstunnlar helt fylls med vatten med den förhöjda sulfidhalten 1 mM. Efter att förvaret mättats finns inte längre förutsättningarna för förhöjda sulfidhalter eftersom flödet då har återgått till det för ostörda förhållanden, och sulfidkorrosion beskrivs då av de beräkningar som redovisats för långsiktiga förhållanden i SKB (2011).

Om all sulfid som på detta sätt trängt in i bentoniten i buffert och återfyllnad korroderar kapseln kan det resulterande korrosionsdjupet beräknas med massbalans, enligt följande.

Mängden sulfid i porvattnet i bufferten (respektive återfyllnaden), n_{HS} , ges av porvolymen, $V_{void,buffer}$, och koncentrationen sulfid i porvattnet $[HS^-]$

$$n_{HS} = V_{void,buffer} [HS^-]$$

Korrosionsdjupet, d_{corr} , ges av

$$d_{corr} = \frac{n_{HS} f_{HS} M_{Cu}}{A_{corr} \rho_{Cu}} = \frac{n_{HS} f_{HS} M_{Cu}}{\rho_{Cu}} \cdot \frac{V_{void,buffer}}{A_{corr}}$$

där f_{HS} en stökiometrisk faktor för antalet oxiderade kopparatomer per sulfidjon, M_{Cu} molmassan för koppar, ρ_{Cu} densiteten hos koppar och A_{corr} den korroderade ytan hos kopparn.

Den installerade bufferten i deponeringshålet antas ha en gasfylld porositet enligt Table 6-2 i SKB (2010b), och med 35 cm buffert runt kapseln, 0,5 m buffert under kapseln och 1,5 m över (Table 6-1 i SKB 2010b), fås porvolymen enligt tabell 1. Med sulfidhalten $[HS^-]=10^{-3}$ M, samt med $f_{HS}=2$, $M_{Cu}=63,54$ g/mol och $\rho_{Cu}=8,92$ kg/m³ erhålls korrosionsdjup enligt tabell 1. Beräkningarna visar att korrosionsdjupet inte kommer att överstiga 10 µm, ens om all sulfid som kommit in med porvattnet under mättnadsförloppet korroderar kapseln.

Om man också inkluderar den sulfid som skulle tränga in i den luftfyllda delen av den 6 m långa tunnelsektion som svarar mot en kapselposition skulle ytterligare 28 mol sulfid kunna angripa kapselns lock, vilket motsvarar ett korrosionsdjup av 456 µm (se tabell 1). Detta förlopp skulle dock vara utsträckt under en mycket lång tid, eftersom sulfiden efter vattenmättnad bara skulle kunna nå kapseln genom diffusion. Givet de geokemiska förhållandena i en vattenmättad tunnelfyllning är det dessutom orimligt att anta att en sulfidkoncentration av 10^{-3} M långsiktigt skulle kunna upprätthållas i tunneln, se vidare nedan.

Tabell 1. Beräkning av korrosionsdjup (massbalans) från sulfid i porvattnet i buffert och återfyllnad.

	Bentonit-tjocklek (m)	Gasfylld porvolym (m ³)	Yta som korroderar (m ²)	Mängd sulfid (mol)	Korrosionsdjup (µm)
Runt kapseln	0,35	1,04	15,95	1,04	0,93
Ovanför kapseln	1,5	0,51	0,866	0,51	8,32
Under kapseln	0,5	0,17	0,866	0,17	2,77
Tunnelsektion 6 m	-	27,72	0,866	27,72	(456)

Korrosion orsakad av sulfid i gasfas i omättad buffert och tunnelåterfyllning

I tillägg till SKB:s svar (SKBdoc 1398013) på fråga 1 i SSM:s begäran om komplettering kring degraderingsprocesser för kapseln vill SKB anföra följande.

För förvarsförhållandena i Forsmark kan vissa kapslar under lång tid förväntas stå i kontakt med en gasfas, då buffert och deponeringstunnel förblir omättade. Denna tid kan pessimistiskt antas vara som längst 6 000 år, se avsnitt 10.3.8 i SKB (2011). Gasfasen kommer då att stå i jämvikt med vattnet i det omättade porsystemet i buffert och återfyllnad.

För att kunna uppskatta korrosionen från sulfid under de förhållandena behövs data för sulfidhalt i porvatten i bentoniten. Mätningar av sulfidhalt i bentonit-vattenblandningar har utförts på SKB:s kemilaboratorium, och gav resultat under detektionsgränsen, det vill säga $<2 \times 10^{-7}$ M sulfid (SKBdoc 1385099).

Dessa resultat är rimliga med hänsyn till tillgången på Fe(II) i bentoniten (som faller ut ev bildad sulfid) och på grund av att det organiska materialet i bentoniten inte är tillgängligt för mikroberna (om så vore fallet borde det redan ha förbrukats i lerans naturliga tillstånd).

Från sulfidhalten i vattnet kan halten H₂S i gasfasen beräknas med Henrys lag. En total sulfidhalt (summan av H₂S och HS⁻) på 10^{-6} M i porvattnet och med pH=7 (pessimistiskt pH för bentoniten, se t ex Figure 5-14 i Sena et al. 2010) motsvaras av en H₂S-koncentration på $3,9 \times 10^{-7}$ mol/L, vilket ger att en gasfas i kontakt med porvattnet får ett partialtryck av H₂S på $10^{-5,4}$ atm, det vill säga en sulfidhalt i gasfasen på $1,7 \times 10^{-4}$ mol/m³.

För ett fall med långsam återmättnad av både deponeringstunnel och deponeringshål, kan korrosionen uppskattas om man antar att koncentrationen av H₂S i gasfasen upprätthålls i hela tunnelåterfyllningen under hela perioden. Korrosionshastigheten bestäms då av det diffusiva flödet av H₂S från tunnelgolvet ner till kapseln. Flödet av H₂S beräknas som diffusion i gasfas, från en konstant sulfidhalt i porvattnet i återfyllnaden på 10^{-6} mol/L, till en koncentration lika med noll vid kapseln lock, på en sträcka av 1,5 m (bufferten ovanpå). Med diffusionskonstanten i gasfas $D_{H_2S, gas} = 1,5 \times 10^{-5}$ m²/s (Moulin et al. 2002), andel gasfyllda porer i bentoniten 18,5 % (i bentoniten ovanför kapseln, se Table 6-2 i SKB (2010b) samt med antagandet att korrosionen sker på locket under 6 000 år, erhålls ett korrosionsdjup på 2,4 mm. Detta förutsätter också att inget annat än transporthastigheten i gasfas begränsar korrosionen.

Följande noteras:

- I beräkningen ovan försummas pessimistiskt transportmotståndet i tunneln i gasfas.
- För mättade förhållanden användes i SKB (2010c) pessimistiskt en sulfidhalt av 10^{-4} M för att gränssätta effekter av SRB-aktivitet i återfyllningen. Värdet var hämtat från de högsta sulfidhalter som användes för grundvattnet i SR-Site, utan analys av rimligheten i denna övre gräns för de speciella förhållandena i deponeringstunnlarna. Ovanstående motiv för att sätta $[HS^-] = 10^{-6}$ M visar att värdet som användes i SKB (2010c) är orimligt högt.
- Fallet ovan gäller deponeringspositioner med långsam återmättnad. För dessa finns inte förutsättningar för hög initial tillförsel av grundvatten med hög andel meteoriskt vatten (där man inte kan utesluta höga sulfidhalter), och därför är fallet med initialt höga halter sulfid i grundvattnet inte tillämpligt.

Slutsatser

Sammanfattningsvis kan sägas att även om högre halter sulfid (upp till 10^{-3} M) kan förekomma initialt i grundvattnet, så förutsätter detta ett högt flöde av vatten ner till förvaret, vilket också medför snabb återmättnad. Korrosionsbidraget från en sådan initialt hög halt av sulfid uppgår till <100 μm . För deponeringspositioner med långsam återmättnad och upprätthållande av en gasfas under längre tid (upp till 6 000 år), är halten sulfid i porvattnet så låg, att korrosionsdjupet beräknas till $<2,5$ mm trots den högre diffusionshastigheten i gasfas.

3. *En analys av risken för att inflöde av ytvatten kan medföra kemisk erosion av bufferten redan under förvarets driftstid.*

”SKB har genomfört beräkningar kring den initiala grundvattenkemiska utvecklingen för ett förvar vid Forsmark (SKB R-09-19) vilka visar att salthalten på förvarsdjup för ett slutförvar i drift kan vara både högre och lägre i jämförelse med bergets opåverkade tillstånd. SSM önskar att SKB förtydligar huruvida dessa beräkningar eller annan information kring snabba transportvägar i berget indikerar att kemisk erosion kan förekomma redan under driftstiden.”

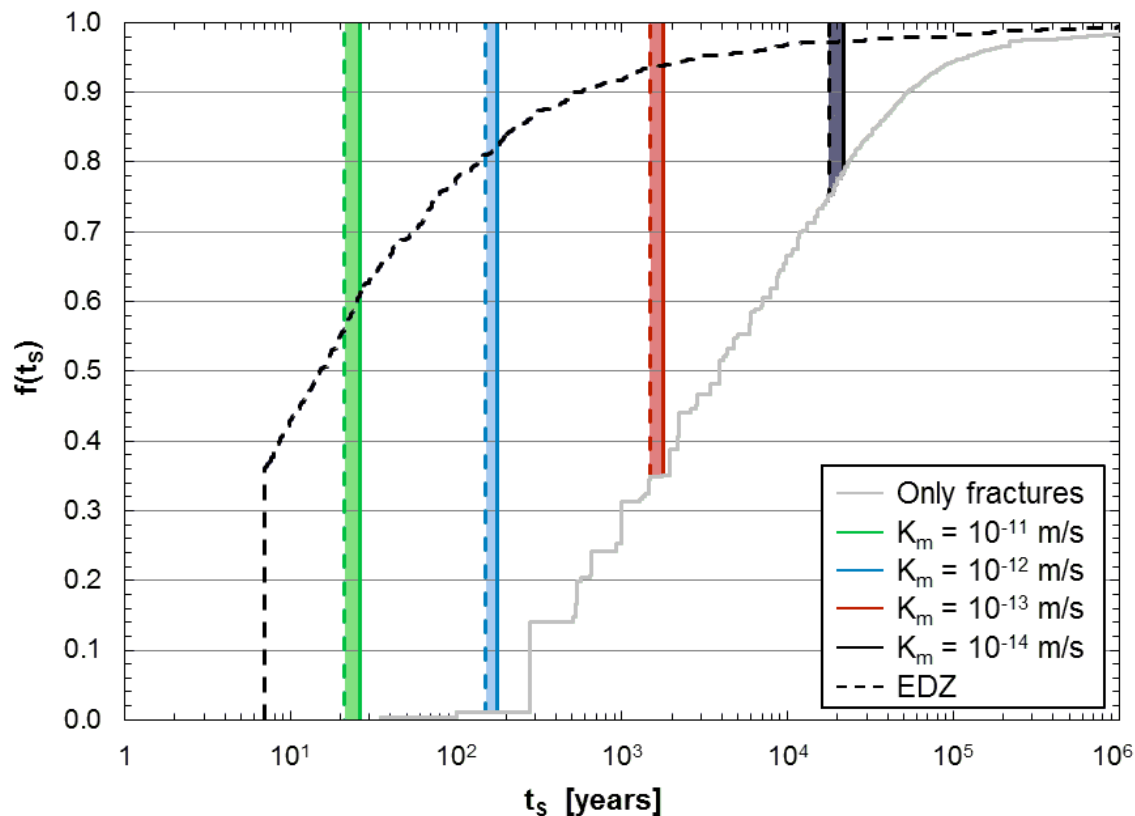
SKB:s svar

De resultat som presenteras i Svensson och Follin (2010) visar att salthalterna väntas minska i delar av förvaret från 0,8 % till ca 0,3 % under drift, se avsnitt 6.2 i Svensson och Follin (2010). Detta skulle dock inte påverka bentonitstabiliteten, eftersom salthalter i grundvattnet över 0,27 g/L ($\approx 0,027$ %) inte förväntas framkalla kolloidal bentoniterosion, se avsnitt 10.3.7 i huvudrapporten SR-Site (SKB 2011). De resultat som presenteras i Svensson och Follin (2010) visar också att inflöde av bräckt vatten från Östersjön kan förväntas i vissa bergpolymer.

Efter förvarets förslutning kommer det naturliga hydrostatiska tryckfältet att återställas och det naturliga grundvattenflödet kommer att återupprättas, vilket kommer att påverka saltinnehållet i grundvatten i förvarsvolymer. Matrisdiffusion kommer också att påverka salthalten i grundvattnet i sprickorna. Landhöjningen, och åtföljande strandlinjeförskjutning under den första tempererade perioden kommer sakta att öka inflödet av meteoriskt vatten till förvarsnivå, så som visas i till exempel Salas et al. (2010)

(fig. 6-2 och 6-3) och i SKBdoc 1416908 (fig. 4-1 och 4-2). Dessa processer förväntas överskugga effekterna av driftsfasen, även om deras respektive tidsskalor skiljer sig åt.

Kemisk erosion av bufferten innan vattenmättnad kan förekomma enbart om vattenomsättningen i deponeringshålet är större än den mängd vatten den installerade bufferten själv kan ta upp. Detta motsvarar en återmättnadstid för bufferten på <20 år. I den komplettering som tidigare skickats till SSM (SKBdoc 1385067) visas att det är få positioner i Formark där detta kommer att vara fallet (figur 3).



Figur 3. Den heldragna grå linjen visar kumulativ fördelning av vattenmättnadstider för bufferten i Forsmark med förutsättningen att bergmatrisen är tät. De färgade linjerna visar det intervall då alla deponeringshål är fullt mättade för olika antaganden om hydraulisk konduktivitet i bergmatrisen. Den streckade linjen visar fördelningen av vattenmättnadstid för ett fall med en idealiserad mycket konduktiv EDZ i deponeringstunneln.

Om inflödet är lägre kommer allt vatten att tas upp av bufferten och då finns det inga förutsättningar för borttransport av material.

Om grundvattnet som kommer i kontakt med bufferten är tillräckligt utspädd och flödet är högre än det bufferten kan ta upp så finns det förutsättningar för kemisk erosion även för en omättad buffert. I ett tidigt skede kommer de assessoriska mineralen i bentoniten att påverka erosionen, men det går inte att entydigt visa att processen inte skulle förekomma.

De deponeringshål där detta skulle vara aktuellt ligger dock i deponeringstunnlar med så höga inflöden att tunneln kommer att vattenfyllas snabbt och de hydrauliska gradienterna kommer att återställas. Tunnlar med höga inflöden kan vattenfyllas i månadsskala och efter detta kan den hydrauliska gradienten antas vara återställd. Vattenomsättningen i deponeringshålen förväntas därefter i det korta tidsperspektivet innan

grundvattensammansättningen återgått till den ostörda, därför inte vara högre än vad den kommer att vara långsiktigt. När förvaret har förslutits och grundvattenkemin återställts kommer erosionen, om den överhuvudtaget har förekommit, att upphöra. I och med att driftsperioden är kort förväntas erosionen då att vara obetydlig jämfört med den som sker på grund av utspädda grundvatten på lång sikt.

Med vänlig hälsning

Svensk Kärnbränslehantering AB
Avdelning Kärnbränsle

Helene Åhsberg
Projektledare Tillståndsprövning

Referenser

Referenser och dokument i ansökan

Gimeno M, Auqué L, Gómez J, Salas J, Molinero J, 2010. Hydrogeochemical evolution of the Laxemar Site. SKB R-10-60, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Salas J, Gimeno M J, Auqué L F, Molinero J, Gómez J, Juárez I, 2010. SR-Site – hydrogeochemical evolution of the Forsmark site. SKB TR-10-58, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Sena C, Salas J, Arcos D, 2010. Aspects of geochemical evolution of the SKB near field in the frame of SR-Site. SKB TR-10-59, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010a. Design, production and initial state of the backfill and plug in deposition tunnels. SKB TR-10-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010b. Design, production and initial state of the buffer. SKB TR-10-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010c. Corrosion calculations report for the safety assessment SR-Site. SKB TR-10-66, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2011. Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project. SKB TR-11-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Svensson U, Follin S, 2010. Groundwater flow modelling of the excavation and operational phases - Forsmark. SKB R-09-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Övriga referenser

Moulin F J-M, Brenneman K A, Kimbell J S, Dorman D C, 2002. Predicted regional flux of hydrogen sulfide correlates with distribution of nasal olfactory lesions in rats. Toxicological Sciences 66, 7–15.

SKBdoc 1385067 ver 3.0. Svar till SSM på begäran om komplettering rörande lång återmättnadsfas. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1385099 ver 1.0. Kemirapport 2013-01 Sulfidanalys av bentonitvattenblandning. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1396704 ver 1.0. Betydelsen av mikrobiell sulfatreduktion med organiskt upplöst material (DOC). Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1398013 ver 3.0. Svar till SSM på begäran om komplettering avseende degraderingsprocesser för kapseln. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1416908 ver 1.0. Future evolution of groundwater composition at Forsmark during an extended temperate period. Svensk Kärnbränslehantering AB.