

Säkerhetsfunktionsindikatorn hydraulisk kontrast och BMA salarnas hydrauliska funktion

1 Bakgrund

SKB lämnade 2014 in en ansökan om att bygga ut SFR. SSM har under 2016 begärt in kompletteringar av ansökan och detta PM är ett underlag för att besvara frågor kopplade till användandet av hydraulisk kontrast som säkerhetsfunktionsindikator. I analysen av säkerhet efter förslutning SR-PSU identifierades ett antal säkerhetsfunktionsindikatorer för 1BMA och 2BMA. Till skillnad från tidigare säkerhetsanalyser definierades för 1BMA inte en separat säkerhetsfunktionsindikator för betongkonstruktionens hydrauliska egenskaper utan säkerhetsfunktionsindikatorn hydraulisk kontrast mellan makadamåterfyllnaden och betongkonstruktionen har använts. Definitionen av hydraulisk kontrast samt motiven till att använda den som säkerhetsfunktionsindikator beskrivs nedan.

1.1 SSMs begäran om kompletteringar kopplade till hydraulisk kontrast

1.1.1 Utveckling av betongegenskaper i 1-2BMA

I SSMs begäran om komplettering SSM2015-725-36 (daterad 2016-09-29) begär SSM följande komplettering relaterad till hydraulisk kontrast:

- ”1) Redovisning för definitionen av hydraulisk kontrast mellan den hydrauliska konduktiviteten för återfyllnadsmaterialet och den för barriärkonstruktionerna i 1-2BMA,
- 2) Redovisning av säkerhetsfunktionsindikatorerna för betongbarriärkonstruktionerna i 1-2BMA.”

I skälen till begäran skriver SSM:

”Säkerhetsfunktionerna beskriver slutförvarets och dess komponenters långsiktiga funktion och är hjälpmedel för formulering av scenarier (SR-PSU, kap. 5). Säkerhetsfunktionerna ska knytas till mätbara eller beräkningsbara storheter som kallas säkerhetsfunktionsindikatorer. I processrapporten för barriärer redovisar SKB att den viktigaste säkerhetsfunktionsindikatorn för förvarsdelarna 1-2BMA är den hydrauliska konduktiviteten hos betongen i barriärkonstruktionen (SKB TR-14-04, avs. 5.2.2). I SR-PSU (tabell 5-3) är den enda säkerhetsfunktionsindikatorn som kopplar till lågt flöde i förvarsutrymmen för 1-2BMA den hydrauliska kontrasten mellan återfyllnadsmaterialet och barriärkonstruktionerna och inte betongens hydrauliska konduktivitet som angivits i processrapporten. SSM efterfrågar en definition av hydraulisk kontrast som gäller för redovisningen i SR-PSU (se figur 6-14). Vidare efterfrågas också en motivering på varför säkerhetsfunktionerna hos två komponenter i slutförvarssystemet, återfyllnaden och betongen i barriärkonstruktionen, ska slås ihop till en enda storheten, den hydrauliska kontrasten, som inte direkt går att mäta och samtidigt ska karaktärisera en slutförvarskomponent med säkerhetsfunktion och en med barriärfunktion. Ur perspektivet kvalitets- och acceptanskontroll vid installation och tillverkning (se inspektionsavsnitt för 1-2BMA i SKB TR-14-02, avs. 4.3 och 5.3) är det heller inte fördelaktigt med en enda säkerhetsfunktionsindikator för två slutförvarskomponenter. Komponenterna kommer dessutom att förändras under utvecklingen av slutförvaret efter förslutning pga. förhållanden och processer som uppstår i återfyllnaden och betongen i barriärkonstruktionen. När det gäller den hydrauliska kontrasten mellan betongbarriärkonstruktionen och återfyllnaden av bergsalen har SSM inte funnit information om hur kontrasten beräknas. Det är exempelvis inte tydligt om geometriska aspekter och skillnader mellan

Säkerhetsfunktionsindikatorn hydraulisk kontrast och BMA salarnas hydrauliska funktion

återfyllnadsmaterialets egenskaper och makadamen som är grund för konstruktionen beaktas. Vidare framgår det inte från redovisningen om flödesriktningen längs med eller tvärs över bergsalen har betydelse för de resulterande värdena av den hydrauliska kontrasten.”

1.1.2 Säkerhetsanalysmetodik SR-PSU

I SSMs begäran om komplettering SSM2015-725-43 (daterad 2016-10-10), begär SSM följande komplettering relaterad till hydraulisk kontrast:

”8) SKB har valt hydraulisk kontrast som säkerhetsfunktionsindikator för lågt flöde genom avfallet i 1 och 2BMA. SSM önskar att SKB förtydligar varför inte enskilda säkerhetsindikatorer har kopplats till betongkonstruktionerna och återfyllnaden var för sig, med tanke på att det skulle tydliggöra vilka krav samt konstruktionsförutsättningar som ställs på dessa komponenter utifrån hur indikatorn utvecklas över tid.”

2 Betongkonstruktionen och återfyllnadens hydrauliska funktion i BMA-salarna

Om bergsalarnas samlade genomsläpplighet är väsentligt större än det omgivande bergets genomsläpplighet bestämt storleken på de totala vattenflödena genom BMA-salarna främst av den hydrauliska gradienten och bergets egenskaper. Fördelningen av flödet i bergssalarna påverkas av de hydrauliska egenskaperna hos betongkonstruktionen och makadamåterfyllnaden i respektive sal. Det totala flödet genom salarna kan delas upp i ett flöde genom avfallet och ett flöde (som i huvudsak går) genom det mer genomsläppliga materialet kring betongkonstruktionerna. Den hydrauliska konduktiviteten hos återfyllnaden kan ha en viss inverkan på det totala vattenflödet genom BMA-salarna, men om den hydrauliska konduktiviteten hos återfyllnaden är högre än ett visst gränsvärde så kommer det totala flödet genom BMA-salarna att begränsas av berget. Den hydrauliska konduktiviteten hos betongkonstruktionen har en i sammanhanget försumbar inverkan på storleken på de totala vattenflödena genom BMA-salarna givet att den hydrauliska konduktiviteten hos återfyllnaden är tillräckligt hög.

Vattenflödet genom avfallskollina i BMA-salarna begränsas av den hydrauliska kontrasten mellan den omgivande genomsläppliga makadamåterfyllnaden och de mindre genomsläppliga betongkonstruktionerna som innehåller avfallskollina. Den hydrauliska kontrasten avleder vattenflödet från betongkonstruktionerna till de mer genomsläppliga kringliggande materialen, och det kringliggande materialet utgör en så kallad hydraulisk bur (SKB 2015, avsnitt 5.4.2).

I vattenflödesmodellen för SFR och dess närområde som beskrivs i Abarca et al. (2013) är en beräkningsförutsättning att betongkonstruktionen, grundläggningen och återfyllnaden kan betraktas som homogena porösa media. De homogena mediernas hydrauliska egenskaper är givna av deras hydrauliska konduktivitet (Abarca et al. 2013, avsnitt 6.2.1 och 7.2.1). I beräkningen förutsätts även att grundläggningen och återfyllnaden har samma hydrauliska egenskaper (Abarca et al. 2013, avsnitt 6.2.1 och 7.2.1, samt Abarca et al. 2014, kapitel 5). Den hydrauliska kontrasten mellan den genomsläppliga makadamåterfyllnaden som omger betongkonstruktionerna och de mindre genomsläppliga betongkonstruktionerna i BMA-salarna har definierats som kvoten mellan betongkonstruktionernas och återfyllnadsmaterialets hydrauliska konduktivitet (SKB 2015, avsnitt 6.3.8).

Ovanstående definition tar varken hänsyn till geometrin hos BMA-salarna och dess betongkonstruktioner eller flödesriktningen. Förutsatt att betongkonstruktionerna omges av mer genomsläppligt kringliggande material så blir den hydrauliska burens funktion oberoende av vattenflödenas riktning. Den hydrauliska burens förmåga att avleder vattenflödet från betongkonstruktionerna beror även på mäktigheten hos den omgivande genomsläppliga makadamåterfyllnaden dvs. hur mycket makadam som finns ovanför, vid sidan om, och under betongkonstruktionen. Mäktigheten hos återfyllnaden i BMA-salarna förväntas inte förändras signifikant innan betongen har blivit så pass degraderad att den hydrauliska buren upphört att

Säkerhetsfunktionsindikatorn hydraulisk kontrast och BMA salarnas hydrauliska funktion

fungera (von Schenck 2017, SKB 2015, avsnitt 7.4.6). Ovanstående definition av hydraulisk kontrast är lämplig som indikator för betongkonstruktionernas och återfyllnadens långsiktiga funktion eftersom förändringen av de geometriska aspekterna är underordnad förändringarna i den hydrauliska konduktiviteten hos betongkonstruktionerna och återfyllnadsmaterialet.

Både betongkonstruktionen och återfyllnadsmaterialet utgör barriärer som bidrar till den långsiktiga säkerheten för BMA-salarna (SKB 2015, Tabell 11-1). Den hydrauliska funktionen hos barriärerna i BMA-salarna beror på de hydrauliska egenskaperna hos både återfyllnaden och betongkonstruktionerna. Det räcker inte att bara återfyllnaden eller betongkonstruktionen upprätthåller sina hydrauliska egenskaper för att funktionen med en hydraulisk bur ska upprätthållas. Därför utgör den hydrauliska kontrasten en lämplig säkerhetsfunktionsindikator för att utvärdera säkerhetsfunktionen lågt flöde i förvarsutrymmen. Den hydrauliska kontrasten anger den hydrauliska konduktiviteten hos betong i relation till återfyllnadens hydrauliska konduktivitet. I referensutvecklingen för grundläggningen och återfyllnaden är grundläggningen och återfyllnadens hydrauliska egenskaper på lång sikt näst intill konstanta och i huvudscenariot antas dess hydrauliska konduktivitet vara konstant under hela analysperioden (von Schenck 2017), vilket medför att kontrasten till stor del sätts av betongens hydrauliska egenskaper. I Processrapport barriär (SKB 2014a, avsnitt 5.2.2) anges att den huvudsakliga hydrauliska barriären i BMA-salarna är betongkonstruktionen och att den hydrauliska konduktiviteten hos betong konstruktionen utgör en säkerhetsfunktionsindikator. I en senare översyn av säkerhetsfunktionsindikatorerna framkom att det fanns fördelar med att i stället använda den hydrauliska kontrasten som säkerhetsfunktionsindikator.

3 Säkerhetsfunktionsindikatorer och säkerhet efter förslutning

Säkerhetsfunktionerna beskriver slutförvarets och dess komponenters långsiktiga funktion och i SR-PSU har säkerhetsfunktionerna varit ett verktyg för att utvärdera säkerheten efter förslutning. En säkerhetsfunktionsindikator är en mätbar eller beräkningsbar egenskap hos en förvarskomponent som används för att indikera i vilken utsträckning en säkerhetsfunktion upprätthålls.

Barriärerna i BMA-salarna förändras över tiden men eftersom det är kontrasten som är viktigt för att upprätthålla BMA-salarnas hydrauliska funktion ansåg SKB att valet av säkerhetsfunktionsindikatorn hydraulisk kontrast var bra för analysen av säkerhet efter förslutning. Separata indikatorer för betongkonstruktionen och återfyllnadsmaterialet var för sig anger inte om en hydraulisk bur upprätthålls. Barriärernas utveckling över tiden medför att säkerhetsfunktionsindikatorerna också utvecklas över tiden och så gör även statusen hos säkerhetsfunktionerna. Huvudscenariots beskrivning av säkerhetsfunktionerna under olika tidsperioder anges i SKB (2015, avsnitt 7.4.6). Beskrivningen är baserad på initialtillståndet och referensutvecklingen. I referensutvecklingen beskrivs de processer som har betydelse för barriärernas långsiktiga funktion och hur dessa direkt eller indirekt påverkar säkerhetsfunktionsindikatorerna under analysperioden. Säkerhetsfunktionsindikatorernas utveckling är behäftad med flera osäkerheter och scenariot *accelererad betongdegradering* utvärderar konsekvenserna av en mindre gynnsam utveckling av säkerhetsfunktionsindikatorn hydraulisk kontrast mellan återfyllnadsmaterialet och betongkonstruktionerna.

Den hydrauliska kontrast som initialt ansätts i säkerhetsanalysen förutsätter att både betongkonstruktionen och återfyllnaden har vissa hydrauliska egenskaper initialt men syftet med säkerhetsfunktionsindikatorn hydraulisk kontrast är inte att ge krav och konstruktionsförutsättningar. Kraven på betongkonstruktioner och återfyllnad sätts i Initialtillståndsrapporten (SKB 2014b). I initialtillståndsrapporten anges att återfyllnaden utgörs av genomsläppligt makadam vars egenskaper beskrivs i Initialtillståndsrapporten (SKB 2014b, avsnitt 12.3). Även initiala egenskaper hos betongkonstruktionerna beskrivs i Initialtillståndsrapporten (SKB 2014b, avsnitt 12.3). Givet att dessa egenskaper hos betongkonstruktioner och återfyllnad erhålls initialt kommer även de hydrauliska egenskaper på vilken referensutvecklingen baseras att erhållas. Valet av säkerhetsfunktionsindikatorer kan ses över inför PSAR och ett möjligt alternativ är att använda separata indikatorer för återfyllnaden och betongkonstruktionerna och fortfarande analysera kontrasten i analysen av säkerhet efter förslutning

Referenser

Abarca E, Idiart A, de Vries L M, Silva O, Molinero J, von Schenck H, 2013. Flow modelling on the repository scale for the safety assessment SR-PSU. SKB TR-13-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Abarca E, Silva O, Idiart A, Nardi A, Font J, Molinero J, 2014. Flow and transport modelling on the vault scale. Supporting calculations for the safety assessment SR-PSU. SKB R-14-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2014a. Engineered barrier process report for the safety assessment SR-PSU. SKB TR-14-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2014b. Initial state report for the safety assessment SR-PSU. SKB TR-14-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2015. Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR. Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU. Svensk Kärnbränslehantering AB.

von Schenck, 2017. Långtidsutveckling av materialegenskaper för grundläggning och återfyllnad i 1-2BMA. SKBdoc 1568423 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.