Jämförelse mellan KBS-metoden och ett slutförvar i djupa borrhål – Karl-Inge Åhäll

där borrhålskonceptets data baserats på redovisningen vid NWTRBs internationella workshop i Washington 20-21 oktober 2015

Jämförelsegrund	KBS-metoden	Djupa borrhål
Allmän beskrivning	Metoden innebär att inkapslat avfall placeras på ca 500 m djup i berggrunden, vilket medför att säkerheten främst baseras på konstruerade tekniska skyddsbarriärer	Metoden innebär att inkapslat avfall deponeras i djupa borrhål på ca 3-5 km djup, och förutsätter att såväl borrning, deponering som borrhålens försegling kan genomföras utan att störa grundvattnets naturliga skiktning kring deponiområdet
Val av deponeringsdjup	Avspeglar ambitionen att kunna deponera inkapslat avfall i redan färdigställda tunnlar och schakt, samt att avfallskapslarna ska vara väl skyddade, svåråtkomliga men samtidigt möjliga att återta	Baseras på senare års hydrogeologiska upptäckter; --att det på 3-5 km djup finns flera funktionsmässigt oberoende och av naturen givna barriärer som enskilt och tillsammans hindrar spridning till biosfären
Säkerhetstänkande	Säkerheten baseras på flera konstruerade skyddsbarriärer som utformas så att barriärsystemet förblir intakt över årtusenden. Detta är ett styrande villkor eftersom förvar på dessa djup, efter förslutning, kommer att omges av ett rörligt grundvatten med kapacitet att sprida läckage ända upp till marknära nivåer, om än med viss fördröjning och utspädning	Förvaret ska placeras i ett urbergsområde med stabil densitetsskiktning, och tillräckligt långt ner i den undre grundvattenzonen (ca 3-5 km), för att trygga att inget avfall kan komma i kontakt med den övre zonens rörliga grundvatten. Styrande villkor är att identifiera ett område med stabil grundvattenzonering och att utveckla den teknik som krävs för att varken borrning, deponering eller borrhålens försegling ska störa grundvattnets naturliga skiktning
Konceptuell styrka	Metoden är långt utvecklad. Vidare medger metoden en noggrann genomförandekontroll under såväl etablerings-, deponerings- som förslutningsarbeten	Metoden har potential att ge hög säkerhet på både kort och lång sikt så att kriteriet om en helt tillsynsfri slutförvaring kan infrias. Detta förutsätter att deponering och borrhålens förslutning kan genomföras utan att varaktigt störa grundvattnets naturliga skiktning i förvarsområdet
Konceptuell svaghet	Att säkerheten baseras på ett barriärsystem som inte klarar Flerbarriärprincipens krav på funktionsmässigt oberoende skyddsbarriärer, vilket är en allvarlig försvagning då det på dessa djup inte finns några hinder för omgivande grundvatten att sprida läckage ända upp till marknära nivåer i grund-vattnets utströmningsområden. Vidare räcker inte djupet (ca 500 m) för att skydda avfallskapslarna mot vare sig avsiktliga eller oavsiktliga intrång. Vidare medför den "inbyggda möjligheten" att återta avfallskapslar högre safe-guard-kostnader och ett fortsatt ansvarsåtagande för kommande generationer	Metoden förutsätter fortsatt kunskaps- och teknikutveckling även på områden som kräver resursstarka aktörer. Bl.a krävs mer detaljerade hydrogeologiska data ända ned till 5-6 km djup, både för platsvalet men också för att optimera utrustning och metodik för borrning, deponering och borrhålens förslutning. Vidare krävs demonstration-sanläggningar för att i konkreta försök visa hur kapslar som vid deponering fastnar på olika djup, ska hanteras. Vidare krävs konkreta borrhålstester av förslutningsmaterial under olika tryck för att optimera material och teknik för borrhålens försegling på olika nivåer ovan deponin
Fysisk realiserbarhet *-- existerar metodens fysiska förutsättningar inom landet*	Ja	Sannolikt ja. -- Dock återstår att verifiera var det finns bra områden med ett stabilt densitetsskiktat grundvatten inom landet
Beräknade kostnader	Minst 45 miljarder.	Än finns bara översiktliga bedömningar. Men efter borrteknikens snabba framsteg under senare år bedöms kostnaden snarare understiga än överstiga den för ett KBS-förvar. Vidare kan utvecklingskostnaderna reduceras genom samverkan inom ramen för EU eller annat internationellt samarbete
Teknologisk realiserbarhet	God, -- dock med viss reservation för fortsatt analys av kapslarnas kopparkorrosion och bentonitens tätningförmåga	God vad gäller borrning och styrning av borrhålens placering inom deponiområdet. För deponeringsteknik och förslutning i km-djupa borrhål krävs dock en resurskrävande teknikutveckling
Tid för hantering av tekniska problem och oklarheter	Bör kunna ske inom 3-5 år; -- med reservation för kapsel-korrosion och behovet av fler långtidstester för att verifiera interaktionen mellan kapsel- och buffertmaterial och över tid varierande hydrogeologiska förhållanden i förvarsområdet	Bör kunna ske inom 10-15 år, och rimligen snabbare om FoU-arbetet samordnas inom ramen för EU eller FN. Största utmaningen är att utveckla en tillförlitlig deponeringsteknik i km-djupa borrhål och att optimera material och metodik för bredhålsborrning till stora djup
Möjlighet att deponera test-kapsel som demonstration	Kan ske med befintlig teknik	Bör kunna ske inom 3 år, förutsatt att beslutade försök i USA fullföljs enligt plan
Återtagbarhet av avfalls-kapslar under deponerings-skedet	Goda möjligheter	Sannolikt goda möjligheter för oskadade kapslar. För kapslar som fastnar eller skadas på väg ner behövs ny teknik och metodik för att antingen återta avfallet eller föra det vidare till avsett deponeringsdjup. Problemen bedöms hanterbara men ger ökade kostnader om borrhålet därefter måste förslutas och ersättas
Återtagbarhet efter förslutning	Goda möjligheter i närtid, om än dyrt och tidskrävande; -- bl.a behövs avancerad teknik för att undgå strålskador	Teoretisk möjlig men i praktiken utesluten, särskilt om man vidtar åtgärder för att dölja borrhålens exakta positioner
Möjlighet att vid behov åtgärda brister i förvaret efter förslutning	Relativt goda möjligheter i närtid att åtgärda lokala brister i buffert och förslutning, dock mycket kostnads- och teknikkrävande; - bl.a för att undgå strålskador.	I praktiken uteslutet, särskilt om man genomför åtgärder för att dölja borrhålens exakta positioner
Bestående miljöstörning	Lokala effekter på grundvatten	Marginella effekter
Resurskrav av betydelse	Förbrukning av koppar vid inkapsling	Förbrukning av vissa legeringsmetaller vid borrning

Utsatthet för organisk (bakteriell) påverkan	Viss utsatthet då förvarets skyddsbarriärer omges av lågsalint grundvatten med bakterier av olika typ	Initialt förutses en viss utsatthet trots hög temperatur (ca 80-100 C) och högsalint grundvatten på dessa djup. Efter deponeringen förutses minimal påverkan i takt med att temperaturen i närområdet närmar sig och ev överstiger 116 C, vilket är max-temp för organiskt liv
Safeguard-aspekter pga icke-spridningsvillkor för klyvbara material	Kräver bevakning tills permanent förslutning har skett och därefter bevakning/tillsyn under överskådlig tid	Fysisk bevakning tills permanent förslutning har skett
Metodens potential utöver slutförvaring av svenskt kärnavfall	Återtagbarhet av kapslar möjliggör framtida återbruk av deponerat material	Kan möjliggöra en permanent kvittblivning av kärnvapen-material, t.ex efter FN- beslut om nedrustning
Andra positiva effekter för kommande generationer	Inga kända	Metoden bedöms möjliggöra att förvaret kan lämnas helt utan tillsyn då man efter 20-30-50 år verifierat att deponeringen inte förändrat områdets densitetsskiktning
Negativa effekter för kommande generationer	Metoden förutsätter ett visst fortsatt ansvarsåtagande då förvaret annars kan skadas av såväl oavsiktliga som avsiktliga intrång eller av ändrade hydrogeologiska förhållanden i förvarsområdet. I och med att deponier med höggradigt radioaktiva och giftiga ämnen på dessa djup inte kan döljas, kommer framtida generationer belastas av en ökad risk för terroraktioner och/eller utpressning vid regionala och internationella konflikter	Inga kända. Detta förutsätter dock att deponeringen kan ske utan att varaktigt störa grundvattnets stabila densitetsskiktning i förvarsområdet
Långsiktig säkerhet	Är omtvistad och främst beroende av hur man bedömer metodens konceptuella svagheter till följd av placeringen på ca 500 m djup i den övre grundvattenzonen	Omtvistad även om konceptet bedöms ha god potential att ge hög långtidssäkerhet. Åsiktsskillnaderna beror istället främst på hur man bedömer möjligheten att kunna genomföra en läckagefri deponering och en långtidssäker förslutning av borrhålen.