

Preliminära slutsatser från SSI:s och SKI:s granskning av SR-Can

Samråd om platsundersökningsskedet, IVA
konferenscenter, 14 december 2007

Myndigheternas gemensamma granskningsgrupp:
SKI: **BSG**, **GLN**, **ÖTD**, BBR, BAI, PMK, JIU
SSI: **BD**, **SX**, **JL**, **PW**, MJ, MN

Status på granskningen

- Preliminärt utkast av myndighetsgemensam granskningsrapport finns framme
 - återstår intern sak- och läsbarhetsgranskning
- PDF av **myndigheternas granskningsrapport** (+100 sid), **CLIMB** och **IRT-rapporter** beräknas vara klara 1 februari 2007
- Konsultrapporter trycks jan-mars 2007

Dagens presentation

- Huvudbudskapen står fast
 - ytterligare budskap kan tillkomma
 - ofullständig bedömning: mänskligt intrång, strukturering argument för kravuppfyllelse (SKB kap. 13)
- Fokus på frågor som behöver beaktas inför SR-Site
 - flera frågor har redan identifierats av SKB

Disposition av presentationer 1(2)

| Presentation | Ansvarig | Tid (min) |
|--|-----------------|------------------|
| 1. Inledning | BD | 5 |
| 2. Granskningens genomförande | BSG | 10 |
| 3. Dokumentation och kvalitetssäkring | BD | 15 |
| 4. Säkerhetsfunktioner | BSG | 10 |
| 5. Systembeskrivning | BD | 5 |
| 6. Layout & design | ÖTD | 5 |
| 7. Biosfärsbeskrivning | PW | 15 |
| 8. Hydrologi & geologi | GLN | 20 |
| 9. Kapsel: tillverkning & förslutning, OFP | BBR | 15 |
| 10. Bränslefrågor | JL | 10 |
| 11. Buffert & återfyllning (initialtillst + långsiktig stabilitet) | JL | 15 |
| 12. THM-utveckling efter förslutning | BSG | 15 |

Disposition av presentationer 2(2)

| Presentation | Ansvarig | Tid |
|---|-----------------|------------|
| 13. Klimatutveckling | ÖTD | 15 |
| 14. Lastfall för kapselns utveckling | BBR | 20 |
| 15. Geokemi och kopparkorrosion | BSG | 20 |
| 16. Konsekvensanalys och radionuklidtransport | BD | 20 |
| 17. Dosberäkningar och miljöpåverkan | SX | 20 |
| 18. Scenarier och riskanalys | BD | 20 |
| 19. Redovisning av kravuppfyllelse och återkoppling | BD | 10 |
| 20. Sammanfattande bedömning | BSG | 10 |

2. Granskningens genomförande

Genomförande av granskning

- Planering → granskningsplan
- Upphandling av konsulter
- Granskningsmöten (hearing – interna möten)
- Avrapportering av konsultgranskningar
- Slutförande av egen granskning
- Publicering av rapporter (egen + konsulter)
- Utvärdering och erfarenhetsåterföring
- Planering av granskningen av SR-Site

Underlag för granskningen

- 3 IRT (EBS, SIG, SAM)
- Remissvar (Oskarshamn, Östhammar, MKB, Milkas)
- Andra konsultrapporter
 - Modelleringsstudier
 - Granskningsutlåtanden
- Resultat från tidigare granskningar
 - Interimsrapporten SR-Can
 - SR97
 - FUD
 - Workshop tekniska barriärer

Modelleringsstudier

- Rutqvist och Tsang: "Review of SKB's work on coupled THM processes within SR-Can"
- Xu, Wörman, Klos, Shaw: "SSI's independent consequence calculations in support of the regulatory review of SR-Can"
- Geier: "Discrete Feature Modelling of Groundwater Flow and Solute Transport for SR-Can Review"
- Maul, Robinson, Bond: "Independent Calculations for the SR-Can Assessment"
- Marsal, De Windt, Pellegrini: "Modelling of long term geochemical evolution of the bentonite buffer"

Granskningsutlåtanden

- Bath och Hermansson: "Impacts of future glaciations on geochemical conditions at repository depths: Review of SKB's approach"
- Stenhouse, Ekberg m.fl.: "Evaluation of SKB's handling of spent fuel performance, radionuclide chemistry and transport parameters"
- Hicks and Baldwin: "Audit of Data and Code use in the SR-Can"
- Arthur, Zhou: "Status of research on chemical erosion of the buffer"
- Holmlund: "Review of climate related issues in SR-Can"

Granskningsutlåtanden

- Deleruyelle och Serres: "Mechanical perturbation of the buffer"
- Glynn: "Findings from review of SKB reports on potential oxygen penetration"
- Benbow, Savage: "Issues affecting the geochemical evolution of repositories for radioactive wastes: cement issues"
- Stark: "Ekosystem och miljöpåverkan"
- Pettersson: "Review of SR-Can regarding long term structural integrity of the copper shell"

Granskningsutlåtanden

- Bowyer: "A critical review related to the containment performance of the KBS3 canister"
- Hallberg: "Review of SR-Can project regarding microbial processes"
- Benbow, Savage: "Issues affecting the geochemical evolution of repositories for radioactive wastes"
- Stark: "Ekosystem och miljöpåverkan"
- Pettersson: "Review of SR-Can regarding long term structural integrity of the copper shell"

Kommentarer externt underlag

- De externa granskarna täcker inte alla frågor, t.ex.
 - Storskalig bergmekanisk modellering
- Säkerhetsanalysperspektiv beaktat i varierade utsträckning av granskarna

3. Dokumentation och kvalitetssäkring

Dokumentation och kvalitetssäkring

- myndigheternas granskning

- Observationer från egen granskning och oberoende modellering
- Konsultgranskning kvalitetssäkring av modeller och vissa data (T. Hicks)
- Särskild bilaga med exempel på QA-brister
- Ej fullständig genomgång av QA-frågor

Dokumentation och kvalitetssäkring

- struktur på dokumentationen

- Lämplig dokumenthierarki
 - tydliggör vilka dokument från "3:e nivån" som åberopas
 - kvalificering av "gamla" data behöver hanteras inför SR-Site
- Strukturering av huvudrapport efter 10 stegen - bra i princip
 - i vissa avseenden repetitiv och komplex
- Behov av mer samlad beskrivning och *motivering* av metodik
 - t.ex. osäkerhets- och känslighetsanalys, analys av scenarier och beräkningsfall

Dokumentation och kvalitetssäkring

- dokumentation av data och processer

- Ändamålsenliga mallar för data- och processdokumentation
- Ojämn kvalitet i dokumentation
 - oklar koppling mellan ambitionsnivå på dokumentation och säkerhetsbetydelse
 - referenser saknas för vissa påståenden
 - otillräckliga vetenskapliga referenser för vissa processer
 - datarapporten innehåller inte alla data som används
- Förhållandevis stora inslag av preliminär hantering av processer och data

Dokumentation och kvalitetssäkring

- dokumentation av modeller

- Ökad ambitionsnivå i SR-Can bidrar till bättre överblick
 - modellrapport, AMF, tabeller med länkar till processer (t.ex. tabell 6-7)
- Bra format för modellrapport men ojämn dokumentation
 - varierande ambitionsnivå för olika koder, manualer saknas i vissa fall, olika omfattning av verifiering
 - otillräcklig dokumentation av modeller för riskdominerande scenarier
 - modellers tillämplighet för olika parameterintervall och konceptuella begränsningar

Dokumentation och kvalitetssäkring

- reproducerbarhet av beräkningar

- Myndigheterna har lyckats reproducera delar av SKB:s beräkningar av radionuklidtransport och systemutveckling
 - efter kompletterande information och förklaringar
 - exempel på felaktig dokumentation
- **SR-Site bör innehålla fullständig information om hur data och modeller för konsekvensanalys använts**
 - ökat inslag av deterministiska beräkningsfall skulle ge ökad förståelse och underlätta reproducering

Dokumentation och kvalitetssäkring

- spårbarhet och referenshantering

- Rapportstrukturen i SR-Can ger goda förutsättningar för god spårbarhet, men....
- Flera exempel på otydlig referenshantering i SR-Can
 - referenser till stöd för viktiga påståenden/bedömningar saknas
 - oprecisa referenser eller referenser i flera led
 - felaktiga referenshänvisningar
- Exempel på motstridiga påståenden, och inkonsekvent hantering av data och modellantaganden i olika analyser

Dokumentation och kvalitetssäkring

- expertbedömningar

- Genomförande av expertbedömningar och de olika experternas roller bör förtydligas
- SKB bör diskutera risk för "bias" med hänsyn till den relativt begränsade gruppen av SKB-experten
 - strategi för val av experter
 - instruktioner för dokumentation av "avvikande" bedömningar
 - möjlighet att använda formaliserade expertutfrågningar för kritiska frågor



Microsoft
PowerPoint-presentati

Dokumentation och kvalitetssäkring

- övriga åtgärder för att förbättra läsbarhet

- Lägg till figur- och tabellistor
- Se över läsbarhet av figurer (fullständiga figurtexter, läsbar storlek, konsekvent användning av symboler etc)
- Osäkerheter bör så långt möjligt illustreras i figurer
- Terminologin för val av scenarier bör förtydligas (t.ex. distinktion failure mode resp. scenario)



Microsoft
PowerPoint-presentati

Dokumentation och kvalitetssäkring

- sammanfattande bedömning

- SR-Can innehåller centrala komponenter av den QA som behövs
 - men ambitionsnivån är otillräcklig för SR-Site
- Fullständigt QA-program bör redovisas så snart som möjligt
 - innehåll och omfattning bör diskuteras myndigheten i samrådet
- SKB bör göra egna utvärderingar av sitt QA-system (SAM)
 - audits med dokumenterad återkoppling/förbättringsåtgärder
- Koppling mellan initialtillstånd i säkerhetsanalysen och QA-rutiner för tillverkning/genomförande bör stärkas i SR-Site

4. Säkerhetsfunktioner

Säkerhetsfunktioner

Canister

C1. Provide corrosion barrier
Copper thickness > 0

C2. Withstand isostatic load
Strength > isostatic load

C3. Withstand shear load
Rupture limit > shear stress

Buffer

Bu1. Limit advective transport
a) Hydraulic conductivity < 10^{-12} m/s
b) Swelling pressure > 1 MPa

Bu2. Filter colloids
Density > 1,650 kg/m³

Bu3. Eliminate microbes
Swelling pressure > 2 MPa

Bu4. Damp rock shear
Density < 2,050 kg/m³

Bu5. Resist transformation
Temperature < 100 °C

Bu6. Prevent canister sinking
Swelling pressure > 0.2 MPa

Bu 7. Limit pressure on canister and rock
Temperature > -5 °C

Säkerhetsfunktioner

Deposition tunnel backfill

BF1. Limit advective transport

- a) Hydraulic conductivity $< 10^{-10}$ m/s
- b) Swelling pressure > 0.1 MPa
- c) Temperature > 0 °C

Geosphere

R1. Provide chemically favourable conditions

- a) Reducing conditions; Eh limited
- b) Salinity; TDS limited
- c) Ionic strength; $[M^{2+}] > 1$ mM
- d) Concentrations of K, HS^- , Fe; limited
- e) pH; pH < 11
- f) Avoid chloride corrosion; pH > 4 or $[Cl^-] < 3M$

R2. Provide favourable hydrologic and transport conditions

- a) Transport resistance; high
- b) Fracture transmissivity; limited
- c) Hydraulic gradients; limited
- d) K_d , D_e ; high
- e) Colloid concentration; low

R3. Provide mechanically stable conditions

- a) Shear movements at deposition holes < 0.1 m
- b) GW pressure; limited

R4. Provide thermally favourable conditions

- Temperature $>$ Buffer freezing temperature

Säkerhetsfunktioner övergripande kommentarer

- Specificerade säkerhetsfunktioner bedöms vara mycket värdefulla
 - De ger förståelse för förvarets funktioner
 - Fokusera på utvärdering av aspekter som är särskilt viktiga (komplement dos/risk som funktion av tiden)
 - Bra underlag vid scenarieval
- Koppling BAT/optimering
 - Överväga förbättringar av förvarets viktigaste säkerhetsmässiga funktioner
- Koppling konstruktionsstyrande fall/konstruktionsförutsättningar
 - Vad är förvaret respektive individuella komponenter utformade för att klara av?

Säkerhetsfunktioner övergripande kommentarer och funderingar

- Är funktionsindikatorer fullständiga? Behöver dom vara fullständiga?
 - Bränsle? (kriticitet, begränsad upplösning)
 - FI på lägre nivå? (t.ex. beslutsträd för SCC)
- Har de optimala variablerna valts ut?
 - Vilken egenskap mest primär för säkerhet?
 - Densitet representera skjuvhållfasthet?
- Motivering av funktionsindikatorer kräver god processförståelse (problem med buffererosionskriterium i SR-Can)
 - Svårt att motivera optimalt koncept med enbart ett begränsande fall

Säkerhetsfunktioner övergripande kommentarer och funderingar

- Förståelse för att konceptet inte är fullt utvecklat i SR-Can, men...
 - Motivering av gränsvärden bristfällig
 - Ingen utarbetad metod för säkerhetsmarginaler
 - Behövs synsätt för funktionsindikatorer utan gränsvärde
 - Ändring av gränsvärde bör inte göras, utan en ingående analys och tydliga resonemang som dokumenteras

Motivering av gränsvärden

- I vissa fall otydlighet vilket kriterium som avses
 - Isostatisk last 100 MPa?
- Spårbarhet vid referens processrapport
 - Gränsvärde diskuteras i flera fall inte i processrapporterna (implicit, otydlig hantering)
 - Inverkan av osäkerhet vid beräkning/mätning behöver redovisas

Exempel temperaturkritierium

- 100°C Viktig styrande variabel i utformningen av förvaret
- Ej tydligt i processrapport - spårbarhet (men OK från illitiseringsynpunkt)
- Andra effekter med högre temperatur;
 - Mera svåröversäglbara THMC-kopplingar
 - Osäkrare extrapolationer för kemiska data
 - Större bergspänningar
 - Andra kemiska omvandlingar som cementering

Säkerhetsmarginaler

- Begränsade resonemang i SR-Can
 - Temperatur stor säkerhetsmarginal – motivering av detta oklar
 - Eliminera mikrober – liten marginal (men antyds ändå vara en faktor 100 i processrapport)
- Viktigt att SKB tar fram en systematiskt angreppssätt i SR-Site

Säkerhetsmarginaler

- Behov av säkerhetsmarginal kan relateras till:
 - Sannolikhet för fall som säkerhetsmarginalen kan relateras till
 - Möjliga konsekvenser (är konsekvenserna redovisade eller ej?)
 - Beaktas i riskanalys / utesluts på tidigt stadium i säkerhetsanalys
- Exempel
 - Isostatisk lastfall - krav på kapsel
 - Frysning av buffert - förvarsdjup
 - Sjunkande kapsel - buffertdensitet
 - Skalv - krav på kapsel, buffert, deponeringsområden, deponeringshål
 - Korrosion – krav på koppartäckning, deponeringshål

Säkerhetsmarginaler

- Val av säkerhetsmarginaler
 - underlag för design och tillverkning
 - visst underlag för bedömning av sannolikhet för visst scenario
- Vilka är dimensionerande processer som förvaret är utformat för att klara med viss säkerhetsmarginal och vad är restrisker som inte går att designa bort
 - Skillnad mellan olika tidsskalor?

5. Systembeskrivning

Systembeskrivning

- övergripande synpunkter

- Bra (men komplext) system för dokumentation av systemkomponenter och länkar mellan FEP och AMF
 - processrapporter med process- och influenstabeller, FEP-chart etc
- Behövs en samlad beskrivning av hur alla tabeller och diagram hänger ihop och hur de använts
 - pusselbitar redovisas i kap. 2, 3 och 6 i huvudrapporten

Systembeskrivning

- FEP-hantering

- Avstämning mot NEA:s FEP-databas viktigt QA-inslag
 - uppdatering inför SR-Site kan baseras på hantering av frågor inom SKB:s program samt nya vetenskapliga rön
- FEP-databas och processrapport (eller motsvarande dokumentation) bör tas fram även för **biosfären**
 - systematik i identifiering av kritiska processer för radionuklidtransport, ackumulering och dosberäkningar i biosfären

Systembeskrivning

- processrapporter

- Bidrar till överblick och förståelse
- Uteslutna processer bör i högre grad motiveras med överslagsberäkningar
 - koppling till säkerhetsfunktionskriterier bör stärkas i screening av processer (SAM)
- Oklar hantering av "indirekta influenser"
 - SKB bör klargöra syfte och hur fullständighet uppnås
- Ackumulerade effekter av utsorterade processer bör diskuteras
 - behov av iteration efter analys av referensutvecklingen



Microsoft
PowerPoint-presentati

6. Layout & design

Layout och design

- Metod för berguttag bör tydligt redovisas utgående från krav på BAT & Optimering
- Hänsyn bör tas till högsta horisontella spänningsriktningen vid val av deponeringstunnlarnas orientering/riktning
 - Rutqvist och Tsangs beräkningar visar att spjälkning kan uppträda under bygg- och driftfasen
- Förvarsdjup
 - Val av förvarsdjup behöver tydligt motiveras
 - Bättre prioritering av styrande faktorer för valet

Layout och design

- SKB:s acceptanskriterier för val av deponeringspositioner
 - Flödeskriterier
 - Kriterier för skärning av deponeringshål, FPC
- Myndigheterna anser att SKB bör tydligare redovisa tillämpning och implikationer av kriterierna gällande
 - kombinerad av FPC och flödeskriterier
 - undersökningsmetoder
 - respektavstånd och flöden

Layout och design

- Geier har i sin flödesmodellering erhållit lägre utnyttjandegrad för båda förvaren
- Acceptanskriterier för val av deponeringspositioner är en central fråga för riskanalysen och utformning av slutförvaret, därför krävs inför SR-Site ett bättre kunskapsunderlag

Layout och design - injektering

- Specificerad sammansättning på låg-pH cement saknas fortfarande. Ingen analys möjlig innan dess.
 - Innebörden av tillsatsmedel i cement och risken för komplexbildning bör tydliggöras
- Hur påverkas långsiktig säkerhet av mängden cement ?
- Kommer deponeringshål att injekteras ?

7. Biosfärsbeskrivning

Biosfären

.....even very extreme and completely unrealistic assumptions regarding early barrier losses yield calculated doses that are comparable to those caused by the background radiation. (TR-06-09 s. 542)

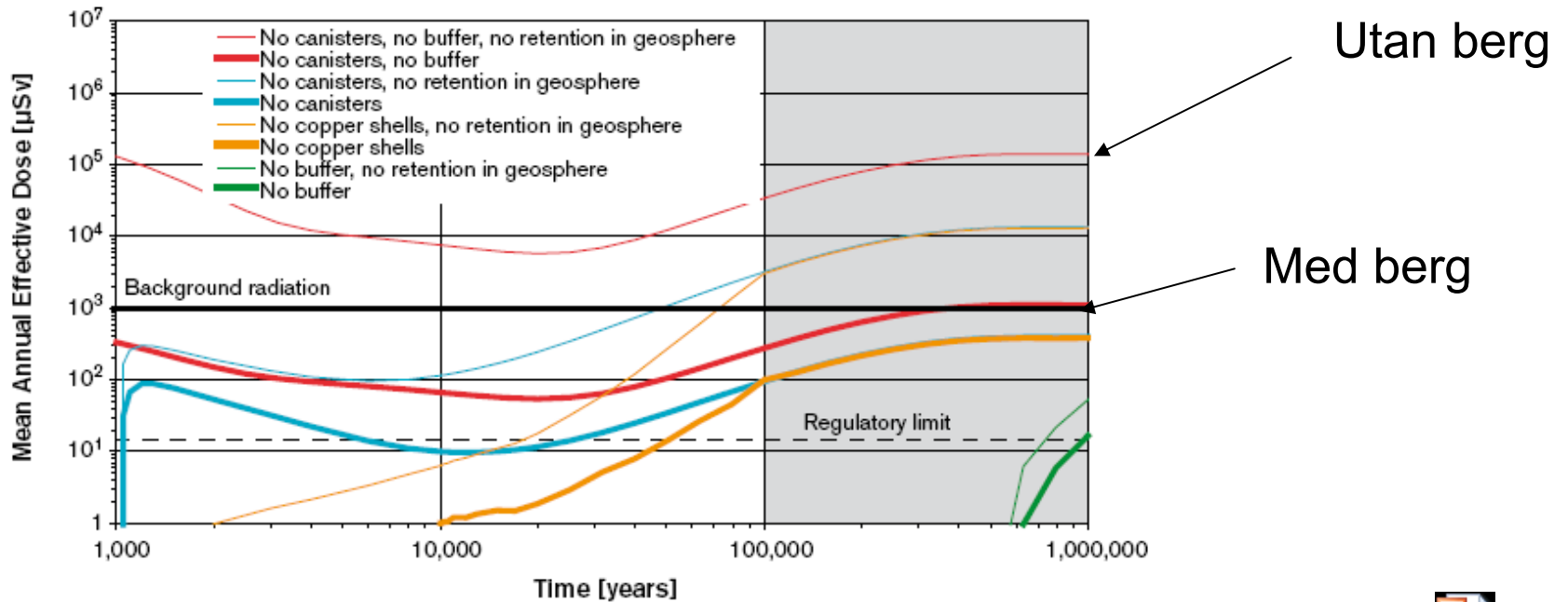


Figure 10-53. Results of stylised cases to illustrate barrier functions. "No canisters" mean that both the copper shell and the cast iron insert are initially defective.



Microsoft
PowerPoint-presentati

Biosfär – övergripande bedömning

- SKB:s redovisning fokuserar på dosmodeller
- Det räcker inte för att uppfylla SSL och SSI FS och är inte i linje med AR
- SKB måste också visa att man
 - har tillräcklig kunskap om vad som händer med radioaktiva ämnen som kommer ut i miljön
 - använt ett systematiskt tillvägagångssätt

Biosfär – övergripande bedömning

SKB har inte presenterat ett väl underbyggt underlag som visar att människors hälsa och miljön kommer att skyddas mot skadlig verkan av joniserande strålning

- har i mycket begränsad omfattning beskrivit exponeringsvägar
- inte i tillräcklig omfattning redovisat doser och vilka effekter de skulle kunna medföra
- inte redovisat någon diskussion om hur man avser att beakta särskilt skyddsvärda organismer

Biosfär – Konceptuell förståelse

Beskrivning av exponeringsvägar

- Förutsättningar för riskbedömning och utgör grunden för dosuppskattningar
- Att utgå från att ”skydd av människan räcker” är ett föråldrat synsätt

SKB bör åtminstone beskriva exponeringsvägar för biota i de miljöer där människan inte alls eller i mycket begränsad utsträckning vistas

Biosfär – Konceptuell förståelse

Beskrivning av anrikningsprocesser

- Inte i tillräckligt beskrivet i SR-Can.
 - Exempel Stark et al. 2006
- Generellt tas inte hänsyn att anrikning kan innebära risk för biota

SKB bör inför SR-Site ta ställning till och redovisa vilka anrikningsprocesser som är av betydelse, var de uppträder och i vilken omfattning

Biosfär – Konceptuell förståelse

Hur avser SKB att ta hänsyn till särskilt skyddsvärda organismer?

- Krav i SSI FS 1998:1 kommenteras inte i Appendix 1

SKB bör i SR-Site i föra en diskussion om

- vilka organismer som skulle kunna vara mest känsliga och mest skyddsvärda
- vilka faktorer som kan vara av störst betydelse för effekter skyddsvärda (referens) organismer (habitat, migrationsområde, kontaminerad area, dos-effetsamband etc.)

Biosfär – övergripande bedömning

Myndigheterna anser att det är av största vikt att SKB i SR-Site gör en samlad redovisning

- som visar på ett systematiskt tillvägagångssätt för identifiering av anrikningsprocesser och exponeringsvägar samt dess betydelse för dos
- av antaganden som ligger till grund för modeller och dosuppskattningar, bakomliggande motiv och konsekvenserna av urvalet
- som visar i vilken utsträckning beskrivningar av biosfärsprocesser, modeller och valideringar baseras på platsdata och/eller vetenskapliga referenser

Hanteringen av FEP i SR-Can

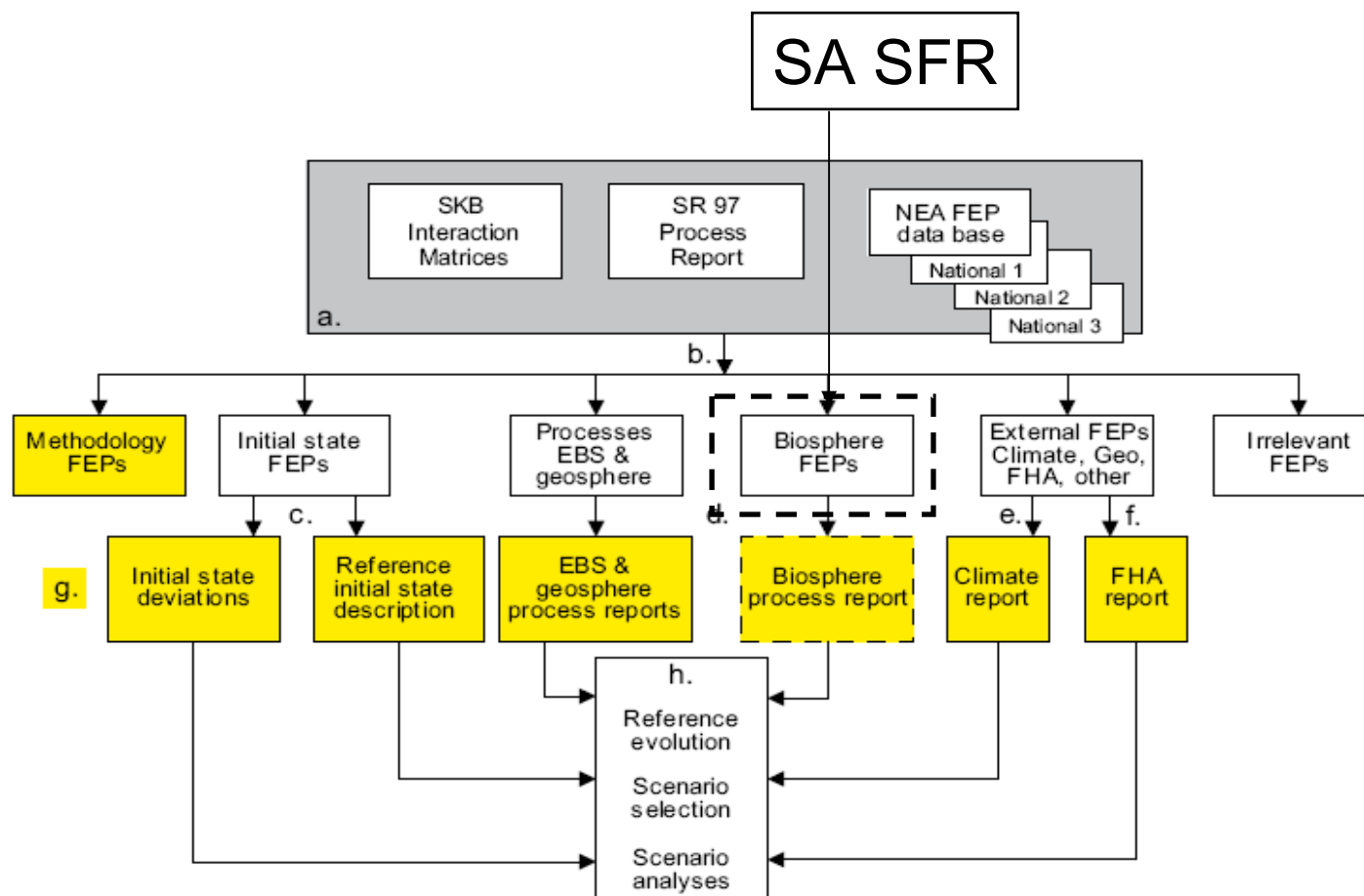


Figure 2-1. The handling of FEPs in SR-Can.

Biosfär – övergripande bedömning

Myndigheterna anser att det är av största vikt att SKB i SR-Site gör en samlad redovisning som visar på ett systematiskt tillvägagångssätt för identifiering av anrikningsprocesser och exponeringsvägar samt dess betydelse för dos

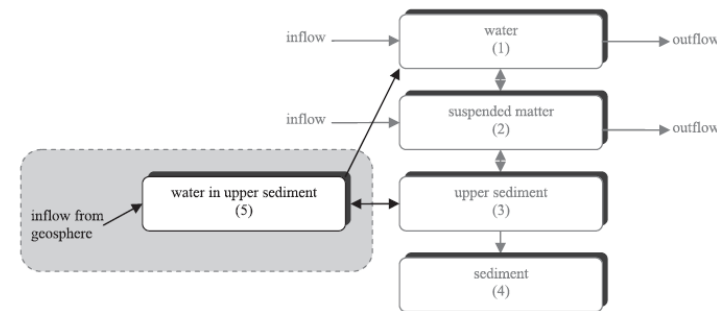
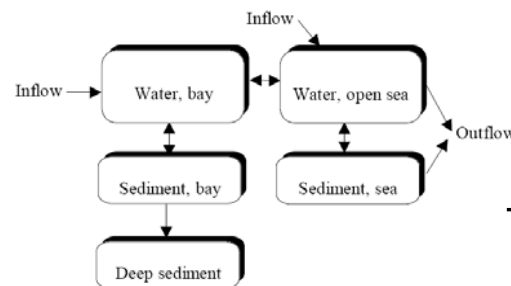
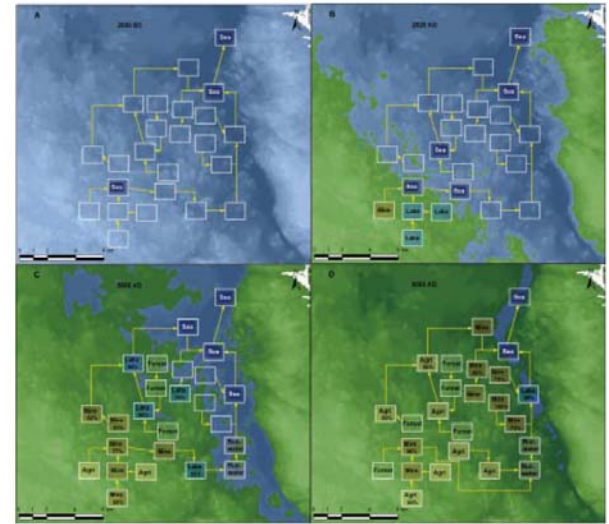
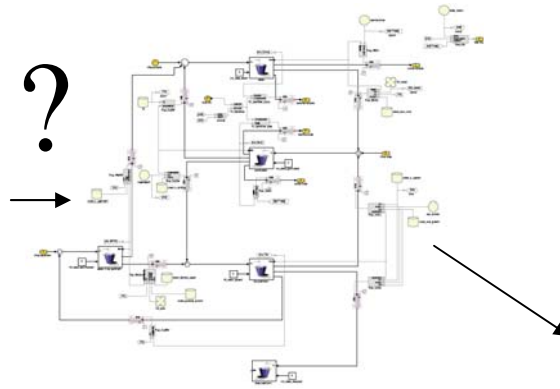
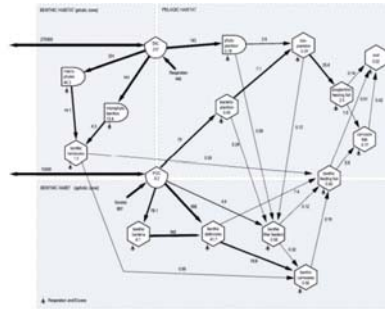
- Biosfären tycks hanteras separat från övriga delar.
- Systematik för att identifiera FEP:s av betydelse för dos är otydlig

Biosfär – övergripande bedömning

Myndigheterna anser att det är av största vikt att SKB i SR-Site gör en samlad redovisning

- som visar på ett systematiskt tillvägagångssätt för identifiering av anrikningsprocesser och exponeringsvägar samt dess betydelse för dos
- av antaganden som ligger till grund för modeller och dosuppskattningar, bakomliggande motiv och konsekvenserna av urvalet
- som visar i vilken utsträckning beskrivningar av biosfärsprocesser, modeller och valideringar baseras på platsdata och/eller vetenskapliga referenser

Biosfär - Modeller



Preliminära granskningssynpunkter

Biosfär – övergripande bedömning

Myndigheterna anser att det är av största vikt att SKB i SR-Site gör en samlad redovisning av antaganden som ligger till grund för modeller och dosuppskattningar, bakomliggande motiv och konsekvenserna av urvalet

- Det är svårt att förstå kopplingarna mellan modeller
- Antaganden har ändrats under gång
- Dags att städa upp

Biosfär – övergripande bedömning

Myndigheterna anser att det är av största vikt att SKB i SR-Site gör en samlad redovisning

- som visar på ett systematiskt tillvägagångssätt för identifiering av anrikningsprocesser och exponeringsvägar samt dess betydelse för dos
- av antaganden som ligger till grund för modeller och dosuppskattningar, bakomliggande motiv och konsekvenserna av urvalet
- som visar i vilken utsträckning beskrivningar av biosfärsprocesser, modeller och valideringar baseras på platsdata och/eller vetenskapliga referenser

Biosfär – övergripande bedömning

Myndigheterna anser att det är av största vikt att SKB i SR-Site gör en samlad redovisning som visar i vilken utsträckning beskrivningar av biosfärsprocesser, modeller och valideringar baseras på platsdata och/eller vetenskapliga referenser

- Uppehållstider
- Kd-värden; urval och motivering

Biosfären

.....even very extreme and completely unrealistic assumptions regarding early barrier losses yield calculated doses that are comparable to those caused by the background radiation. (TR-06-09 s. 542)

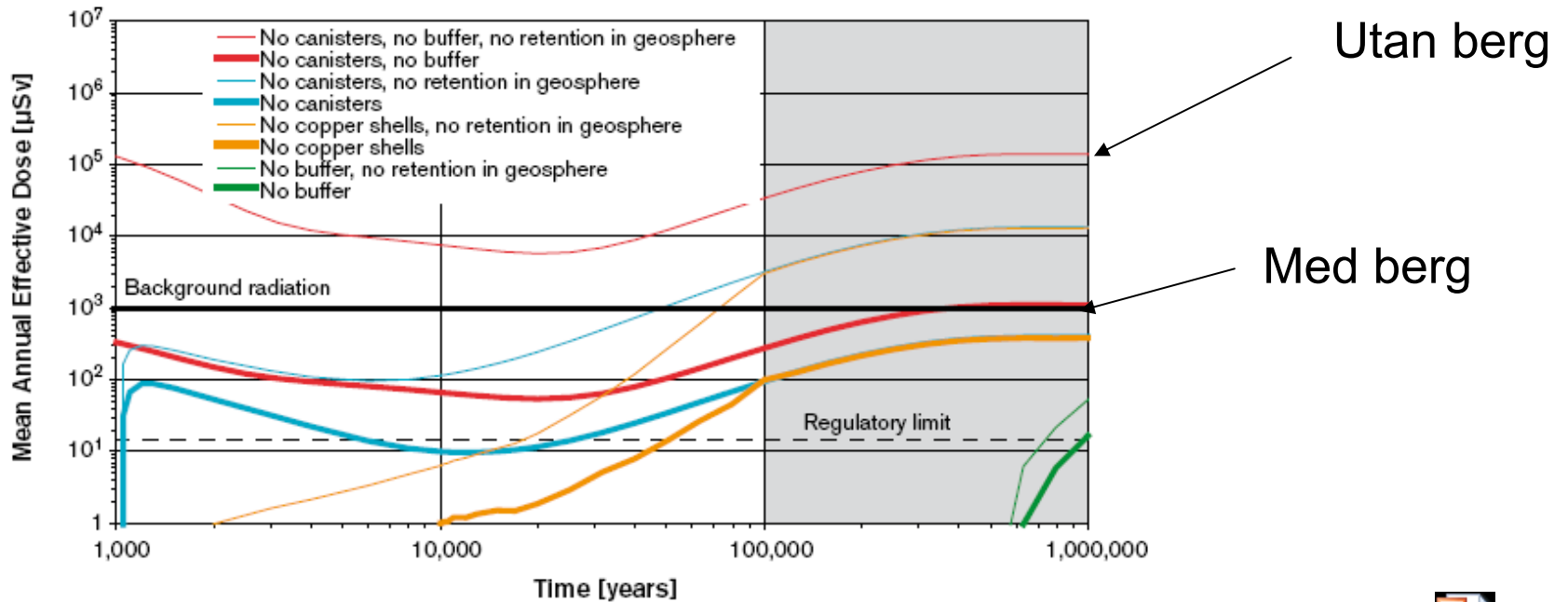


Figure 10-53. Results of stylised cases to illustrate barrier functions. "No canisters" mean that both the copper shell and the cast iron insert are initially defective.



Microsoft
PowerPoint-presentati

8. Hydrologi & geologi

Geosfären

- Hydrogeologi och hydrologi
- Strukturgeologi (DFN)
- Bergets transportegenskaper

- Granskning utifrån säkerhetsanalysen
- Ej fullständig granskning av platsbeskrivande modellerna v1.2

Hydrogeologins betydelse i SR-Can

Input till:

- Radionuklidtransport
- Erosion av buffert och återfyllning
- Korrosion av kopparkapslar

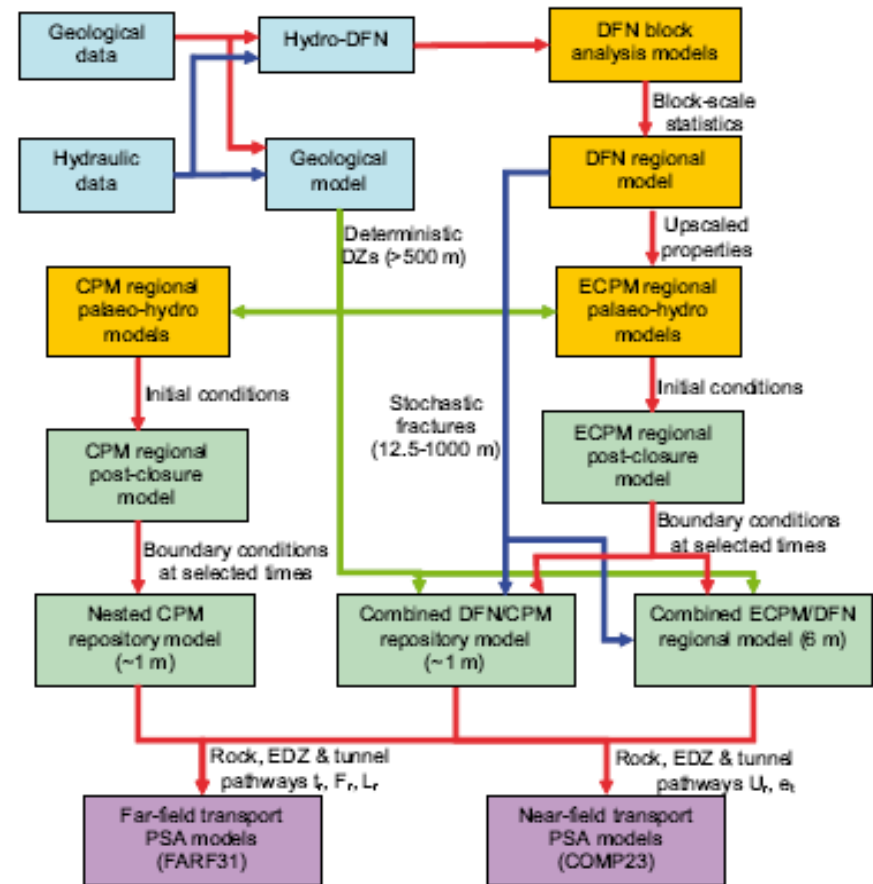
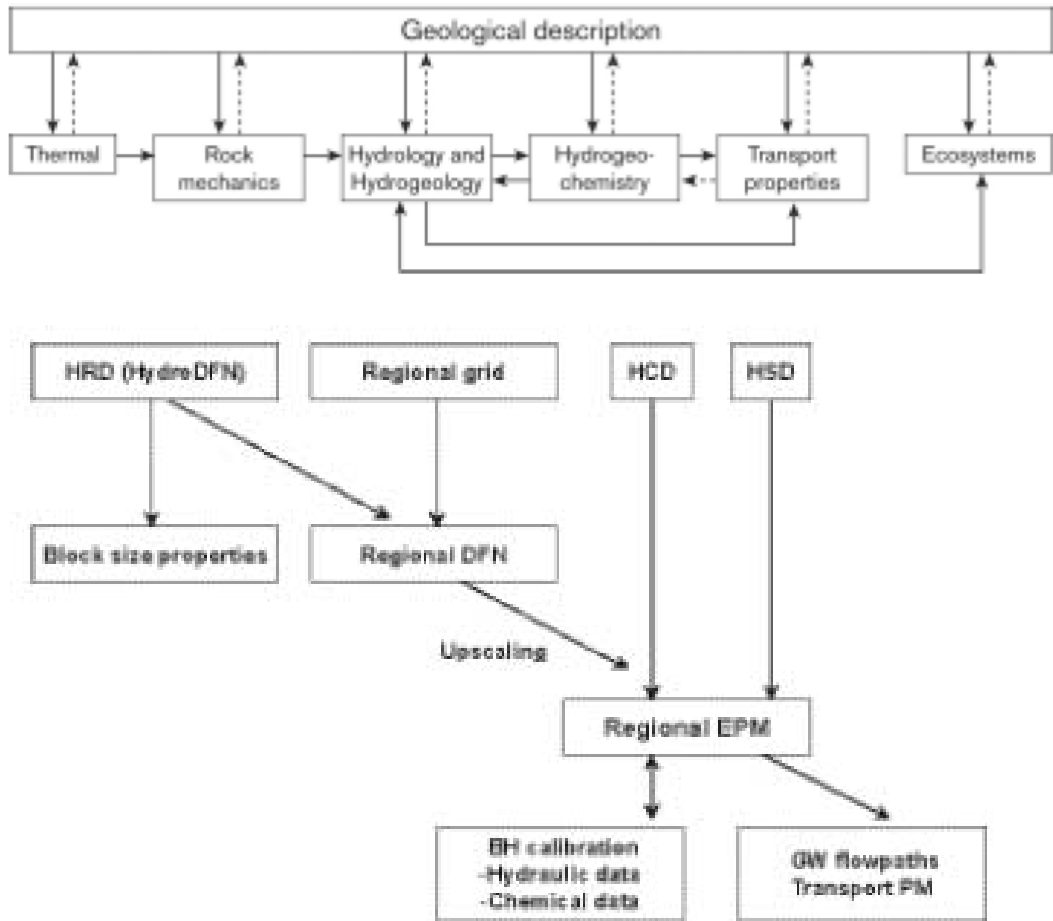
- Nedsänkning av grundvattenytan
- Återmättnad av förvaret
- Inflöde till förvaret, speciellt deponeringshål

(Platsförståelse, förvarslayout, design och konstruktion)

Hydrogeologi, inledande kommentarer

- SR-Can baserat på platsbeskrivande modell version 1.2
- Komplet analys från mätningar till olika resultat
- Omfattande modellering på hög internationell nivå
- Platsbeskrivande modellerna framtagna av två modelleringsgrupper för båda platserna
- Flera typer av modeller

Analysernas struktur



Analysernas struktur

- Större tydlighet bör eftersträvas i SR-Site
- Mer pedagogisk framställning
- Hur relaterar underlag till SDM, SDM och säkerhetsanalysens modeller?
- Var kommer indata ifrån, vilka resultat beräknas, vart tar resultaten vägen?
- Det bör vara tydligt vilka fall som förs vidare, vilka inte och varför inte?
- Propagering av osäkerheter bör vara tydlig

Integrering av resultat i SDM

- Resultat från modelleringsgrupperna visar skillnader
- Diskussion av skillnader viktig för att skapa och visa samlad förståelse av systemet

Integrering av resultat från modelleringar med olika syften

Samlad diskussion av resultat från SDM och SA

Exempel vattnets salthalt:

- I Forsmark modellerade halter på <200m djup för höga, eventuellt konceptuellt problem
- Under glaciation fullständig utsköljning av salt i Simpevarp, troligtvis orealistisk modellegenskap
- Öppet förvar i Laxemar visar lite uppträngning av salt till förvarsdjup, oklart varför
- Inlandsisens front över förvaret i 40 år, överensstämmelse med andra modelleringar?

Integrering av modellering/resultat från olika discipliner

- Många kopplingar gjorda, t.ex.
 - geologisk information i hydroberäkningar
 - hydrogeologi och hydrogeokemi
- Annat bör beaktas mer
 - Modellering av grundvatten, ytvatten och kustvatten
 - utsläppspunkter från DFN och utströmningsområden
 - transportvägar till och inom biosfären
 - interaktion mellan grund- och kustvatten
 - Bergmekanik och hydrogeologi
 - Hydrogeologi och RN transportberäkningar

Platsdata och hydromodellering (1)

- Resultat från hydromodelleringen jämförs ej med tryck eller flödesdata på stor skala i SR-Can
- SKB bör tydligt redogöra för strategi för att visa hydromodellers representativitet
- Interferenstester och spårämnestester ses som viktig möjlighet
- Mätningar och modeller hanteras på olika skalor, bör tydligt framgå i strategin hur detta hanteras

Platsdata och hydromodellering (2)

- Kalibrering av hydromodeller otydligt beskriven i SR-Can
 - osäkerheter i indata, modeller, initialvillkor?
 - platsförståelse
 - viktigt med parametrisering av förutsägande SA modeller
- Initialvillkor bör underbyggas bättre
 - data från idag
 - initialtillstånd för 10000 år sedan
 - antaganden, modeller?

Modeller för diskreta spricknätverk (DFN)

- DFN modell central för platsförståelsen och säkerhetsanalysen
 - hydrogeologi
 - buffererosion, piping erosion
 - kopparkorrosion
 - radionuklidtransport
 - bergmekanik
 - beräkning av respektavstånd
 - nyttjandegrad av kapselpositioner (FPC & flödesvillkor)

Modeller för diskreta spricknätverk (DFN)

- SKB bör se till att DFN modellerna är väl underbyggda och representativa
 - inga data presenterade för skalan 10m till 1000m, resultat från minor deformation zone projektet ses som betydelsefullt
 - power-law modell används i SR-Can, alternativa modeller?
 - ingen överensstämmelse av modellen med data från både sprickkartering på ytan och i borrhål i Laxemar
 - hierarkiska strukturer?
 - beakta ytterligare faktorer som påverkar sprickkonnektivitet
 - förhållande mellan sprickstorlek och transmissivitet?
 - osäkerheter: konceptuella, modell, parametrar?

Bergets transportegenskaper, Matrisdiffusion

- Viktig process för retention i geosfären
- Konceptuell koppling till bergets egenskaper
 - typer av mikrosprickor
 - graden av mineralomvandlingar
 - matrisens tillgänglighet för diffusion
- Koppla konceptuell förståelse till observationer
 - hantera frågor kring mätningar

Bergets transportegenskaper, Sorption

- Konceptuellt integrera
 - generiska K_d data
 - platsspecifika K_d data
 - resultat från studier av bergmatrisens och sprickfyllningars mineralogi
- Spännvidder av K_d framstår som små med tanke på känslighet för lokala förhållanden

Geosfären, sammanfattande bedömning

- Imponerande modellering till omfattning och teknik
- Analysernas struktur bör bli tydligare
- Vissa resultat och modelleringar bör integreras mer
- Hydromodellers representativitet bör styrkas
- Väl underbyggd DFN modell är kritisk fråga
- Matrisdiffusion bör underbyggas mer ingående
- Sorptionsdata bör underbyggas mer ingående

9. Kapsel: tillverkning, förslutning och OFP

Materialval och tillverkning av kapseln

- Myndigheterna kan konstatera att baserat på utfört utvecklingsarbete finns metoder framme för att tillverka kapselkomponenterna.
- Materialvalen för kapselkomponenter bedöms också vara ändamålsenliga.
 - Kravet för koppars kornstorlek baseras på en serie krypprovningar med material med varierande kornstorlekar. Myndigheterna anser att dessa provningar är alltför begränsade. SKB bör därför göra flera tester för att motivera valet av kornstorlek i materialspecifikationen för koppars.

Material och tillverkning, forts.

- Myndigheterna anser att tillverkningsmetodernas tillförlitlighet vid serieproduktion behöver utredas vidare.
 - SKB har tillverkat betydande antal kapselkomponenter men det går inte att utläsa tillförlitligheten i form av den andel av komponenter som uppfyller kvalitetskraven.

Förslutning av kapseln

- Myndigheterna bedömer att SKB bör ha goda möjligheter att utveckla minst en svetsmetod som motsvarar alla ställda krav.
 - Vidare studier av svetsfogens egenskaper, svetsens kvalitet med avseende på eventuella defekter och jämförelse av fogens egenskaper med grundmaterialet är dock nödvändigt för att säkerställa kapselns livslängd i slutförvaret.

Kvalificering av OFP-systemen för SKB:s tillverkningskontroll

- Myndigheterna har identifierat 10 punkter där vi anser att mer eller mindre arbete återstår för att uppfylla kraven på innehållet i de förutsättningar som kommer att granskas inför en kvalificeringsprocess.
- Dessa områden gäller såväl system för provning av förslutningssvets som system för provning av övriga kapseldelar.

Kvalificering av OFP-systemen för SKB:s tillverkningskontroll, forts.

1. En kvalificeringsprocess behöver utvecklas där inblandade parter och **moment definieras**. Processen behöver innehålla hur systemkvalificeringen planeras med avseende på kvalificering av teknik, utrustning och personal samt hur detta kommer att ske (lokaler, sekretess mm) och vilka huvudsakliga dokument som kommer att ligga till grund för kvalificeringen (procedurer och tekniska motiveringar). Processen behöver dessutom beskriva hur återkvalificering hanteras, tex. i vilken grad systemet går igenom och återkvalificeras samt hur ofta detta är tänkt att ske. SKB behöver dessutom klarlägga sin roll vid kompetensuppbyggnad och kompetensupprätthållande vid kvalificeringsorganet.
2. **Betydelsen av 60 års drifttid** och vilka slitage som kan uppkomma, underhåll och systemverifieringar som behöver göras samt vilka variabler som omfattas och påverkas av detta.
3. En analys av antal defekter och testblock samt vilken typ av simulerade defekter som kommer att behövas i en kvalificering samt hur defekterna **behöver konfigureras i testblocken** (typ, storlek, lutning, vridning) för att kvalificeringen skall kunna visa provningarnas tillförlitlighet/detekterings-sannolikhet med tillräckligt konfidens (detekteringssannolikheten och konfidensen behöver vara högre än dagens kvalificeringar i kärnkraftverken för återkommande kontroll). Ett sätt att visa detta på är att definiera en "worst case" defekt som en kvalificering visar att systemet kan detektera med tex. $POD=0.9$ med 95% konfidens. Ett resonemang om vilken detekteringssannolikhet och med vilken konfidens provningssystemen skall klara behöver föras i redovisningen.
4. I vilken grad modeller kommer att användas som komplement till de praktiska försöken i den tekniska motiveringen samt hur dessa modeller är validerade.

Kvalificering av OFP-systemen för SKB:s tillverkningskontroll, forts.

5. Vidare analyser av fel som kan uppkomma vid tillverkningsprocesser och svetsning för att tillsammans med andra analyser komma fram till en minsta defektstorlek som respektive provningssystem skall klara.
6. Ett tydligare resonemang om hur **ytprovning** kommer att användas samt vilka provningsmetoder man avser använda för detta ändamål.
7. **Analyser av MTO-faktorer** och dess påverkan på detekteringssannolikheten samt sådana faktorerens roll i en kvalificering.
8. Ett resonemang om hur ofta **periodiska kontroller** (kalibreringar) behöver göras på respektive OFP system.
9. Ett resonemang och en beskrivning av krav på **oförstörande provnings-systemen** hos respektive underleverantör om även sådan provning kommer att tillgodoräknas.
10. Hur **omvärldsbevakning och erfarenhetsåterföring** med avseende på teknikutveckling är tänkta att fungera under OFP systemens drifttid samt hur sådan information kan medföra uppdateringar av systemen.

10. Bränslets tillstånd och långsiktiga utveckling

Bränslets tillstånd och långsiktiga utveckling

- **Generell bedömning**
 - SKB:s forskningsarbete är på rätt väg
 - Redovisningen i SR-Can är allt för begränsad och diskuterar inte systematiskt antaganden och osäkerheter, särskilt vad gäller
 - Andel av pulsutsläpp (*the Instant Release Fraction, IRF*)
 - Ökning av utbränningsgrad
 - Bränslets långsiktiga stabilitet
 - Löslighet av radionuklider

Andel av Pulsutsläpp (IRF)

- SKB:s uppskattning av IRF är baserat på begränsade data
 - På grund av kostnad och svårigheter att mäta
 - För vissa nuklider (^{36}Cl , ^{129}I och ^{135}Cs) har korrelationen med utsläppt fissionsgas använts
- För vissa nuklider anger litteraturdata stora variationer i IRF
 - Som beror på typ av bränsle, utbränningsgrad, bestrålningshistorik samt linjär effekt
- SKB bör noggrannare analysera experimentella data och beakta hur representativa de är för det svenska kärnbränslet

Ökning av utbränningsgrad

- SR-Can baseras redovisningen på en utbränningsgrad på 38 MWd/kg U
- Kärnkraftverken har prognostiserat en ökning av utbränningsgrad upp till 60 MWd/kg U
- SKB bör analysera konsekvenserna av ökningen av utbränningsgraden
 - Totala radioaktiviteten minskar betydligt långsammare med tiden
 - Påverkan av radiella fördelningen av radionuklider, i synnerhet bildning av alfastrålare i randzonen

Bränslets långsiktiga stabilitet

- Långsamma fysikaliska processer kan **möjligen** påverka bränslets stabilitet
 - Migration av fissionsprodukter pga. alfarekyl
 - Heliumgasbildning
- **SKB:s motivering av bränslehastighet behöver stärkas:**
 - avspeglar inte tillgängligt internationellt modelleringsarbete
 - tidsberoende ej analyserat och diskuterat
 - Motivera hastighet efter att effekt av radiolys är försumbar
- **SKB bör utförligare motivera och i högre grad ta stöd i internationella vetenskapliga artiklar**

Lösligheter av nuklider

- **SKB:s analys är i huvudsak välgjord, men vissa kompletteringar kan övervägas**
 - SKB:s analys är baserad på ett fåtal typ vatten vars representativitet inte är given. Oberoende beräkningar visar dock att detta förmodligen har liten betydelse.
 - SKB har inte propagerat osäkerheter i termodynamiska data
 - Val av löslighetsbegränsandefaser är baserat på expertbedömningar som inte är helt transparenta
- **SKB bör genomföra fler känslighetsanalyser och ytterligare motivera antaganden**

Buffertens och återfyllningens initiala tillstånd samt långsiktiga stabilitet

Preliminära
granskningssynpunkter

SKi STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION
Swedish Nuclear Power Inspectorate

 *Statens strålskyddsinstitut*
Swedish Radiation Protection Authority

11. Buffertens och återfyllningens initiala tillstånd samt långsiktiga stabilitet

Buffertens och återfyllningens initiala tillstånd samt långsiktiga stabilitet

- **Generell bedömning**
 - SKB har i grunden ett ambitiöst och ändamålsenligt program för utvärdering av buffertens och återfyllningens långsiktiga stabilitet
 - Behövs mera erfarenheter kring implementering
 - Specifikation av funktionskrav, materialval, acceptanskriterier m.m. otillräcklig
 - SKB:s nya forskningsprojekt för buffertens erosion är ett nödvändigt initiativ för att adressera en stor osäkerhet kring buffertens långsiktiga funktion

Initialtillstånd

- Kravspecifikationen för buffert och återfyll är inte tillräckligt konkret
 - Skillnad i funktion pga. stor skillnader mellan de två referensmaterialen för bufferten (mineralogi)?
- Motsvarighet till det omfattande programmet för provning av kapsel?
- Kunskapsläget för återfyllningen är sämre än för bufferten
 - Karakterisering av Friedlandlera
- SKB bör utreda och redovisa för- och nackdelar med alternativa buffert- och återfyllningsmaterial
(Med hänsyn till myndigheternas BAT och optimeringskrav)

Tillverkning och deponering

- Procedurerna av den praktiska hanteringen kring bufferten baseras på erfarenheter från begränsade tester
- Praktiska aspekter av inplacering av återfyllningen behöver redovisas
- Återfyllning av andra utrymmen än deponeringstunnlar har inte redovisats
- SKB bör demonstrera och komplettera enligt ovanstående bedömningar inför SR-Site

Piping/erosion

- Osäkerheter finns i flera av SKB:s antaganden för hantering av piping/erosion
 - Processen anses endast förekomma när vattenflödet överstiger visst värde (andra faktorer?)
 - Bentonitkoncentration i grundvatten är inte högre än 10 g/l
 - Skjuvspänning av en bentonitgelé kan variera mellan 20 till 1 700 Pa. Oklart hur SKB hanterar detta
- SKB:s analys av piping/erosion har baserats på en ganska "ideal" återmättningsprocess
- SKB bör bättre underbygga antaganden/gränsvärden och om möjligt fastställa dem på teoretiska grunder
- SKB bör utreda inverkan av osäkerheter för återmättnadförloppet

Långsiktig stabilitet - Kemisk utveckling

- **SKB:s modell är baserad på bra teori och för MX-80 en relativt omfattande databas**
 - Antaganden kring relativa betydelsen av olika buffringsreaktioner kan behöva förstärkas
- **Vissa randvillkor kan diskuteras**
 - Infiltration av glacialt smältvatten samt saltvatten vid 10 ka, vilket inte stämmer med glaciationsmodellen
 - Grimselvatten är inte nödvändigtvis representativt för glacialt smältvatten
 - Låg grundvatten flödet har använts
- **Osäkerhet kring ev. initial cementering vid torra förhållanden behöver hanteras**

Långsiktig stabilitet - Kemisk erosion (1)

- Resultaten som redovisats i SR-Can är mycket preliminära
- Vissa grundläggande antaganden är inte så välgrundade
 - Kalciummineraler så som gips kan ha upplösts innan istiden och kan då inte försörja porvattnet med Ca^{2+}
 - Inverkan mellan grundvattenkemi och motjoner i det diffusa dubbelskiktet har inte beaktats i den termodynamiska modellen för svälltrycket

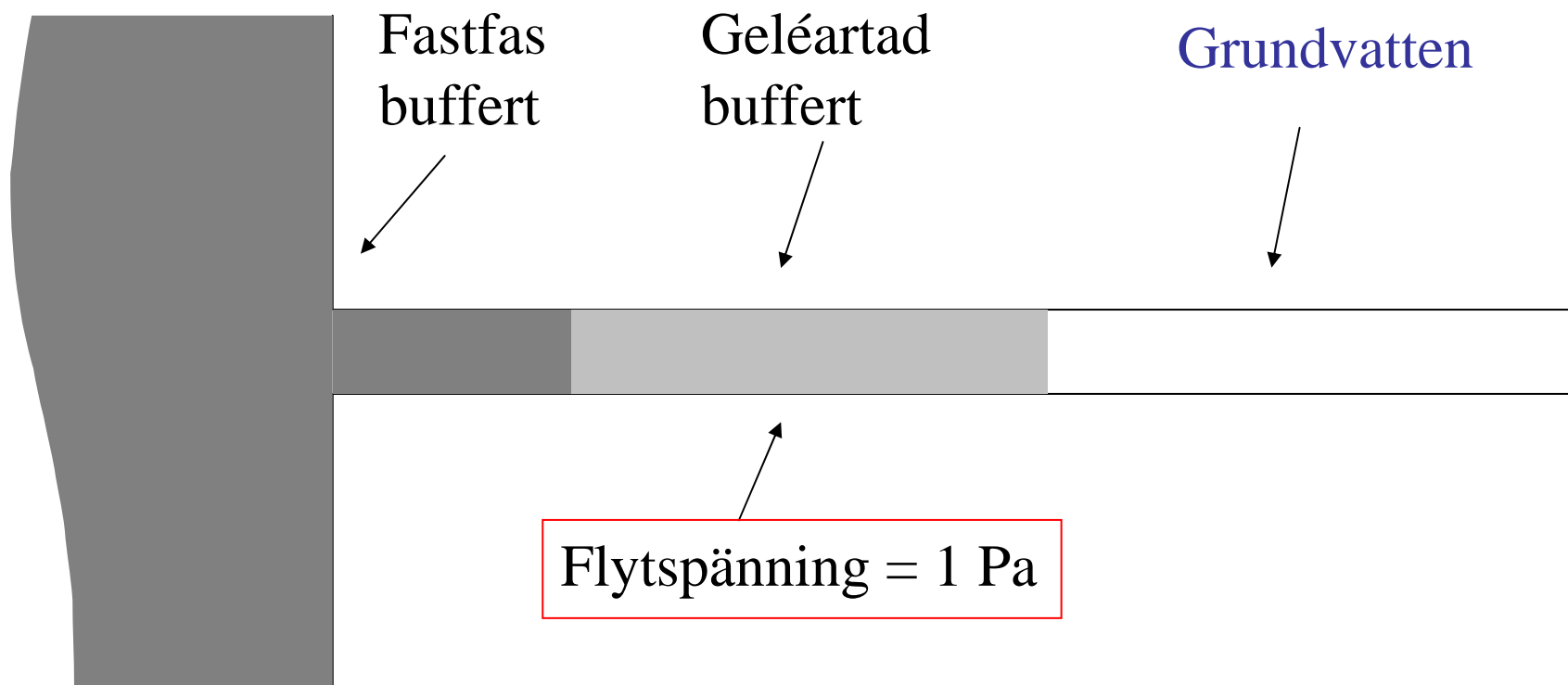
Långsiktig stabilitet - Kemisk erosion (2)

- En maximum koncentration of bentonitkolloider i grundvatten på 50 g/l antogs
 - brist på förståelse för mekanismer för kolloidbildning/transport och koncentrationen är empirisk
 - Värdet är avgörande för beräkningen av antalet deponeringshål som kan förlora bufferten

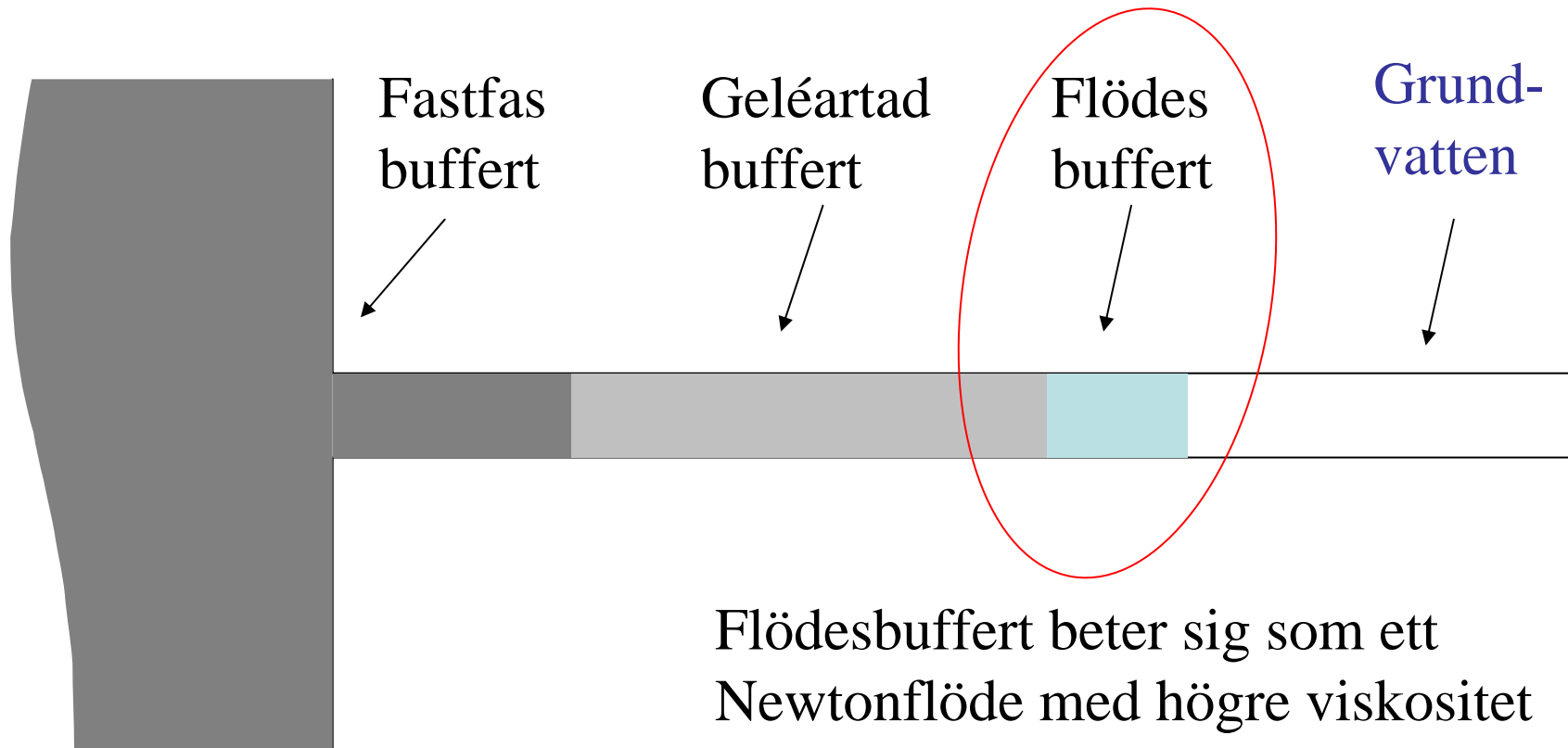
Långsiktig stabilitet - Kemisk erosion (3)

- SKB bör bättre motivera sina modelleringsantaganden, samt fördjupa sin förståelse av mekanismer för kolloidbildning/transport.
- SKB bör underbygga sitt antagande av maximum koncentration av kolloid i grundvatten, samt om möjligt fastställa det på teoretiska grunder

Långsiktig stabilitet - fysikalisk erosion (1)



Långsiktig stabilitet - fysikalisk erosion (2)



Flödesbuffert beter sig som ett Newtonflöde med högre viskositet än vatten.

LNT

Långsiktig stabilitet - fysikalisk erosion (3)

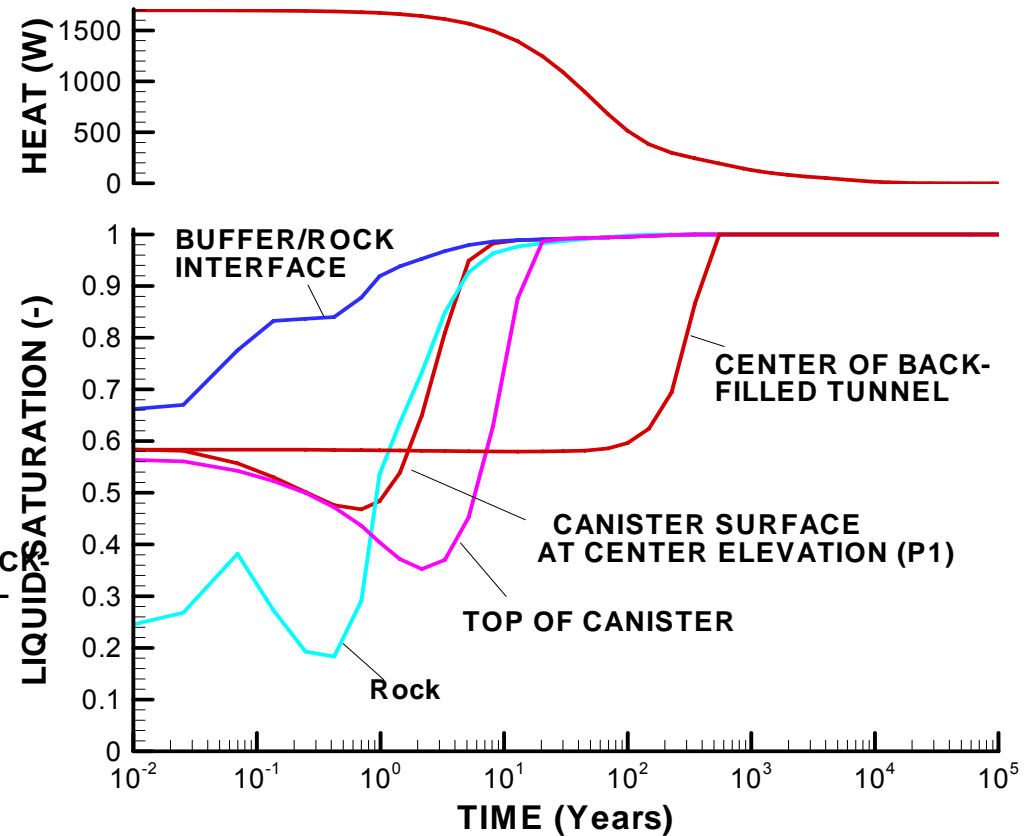
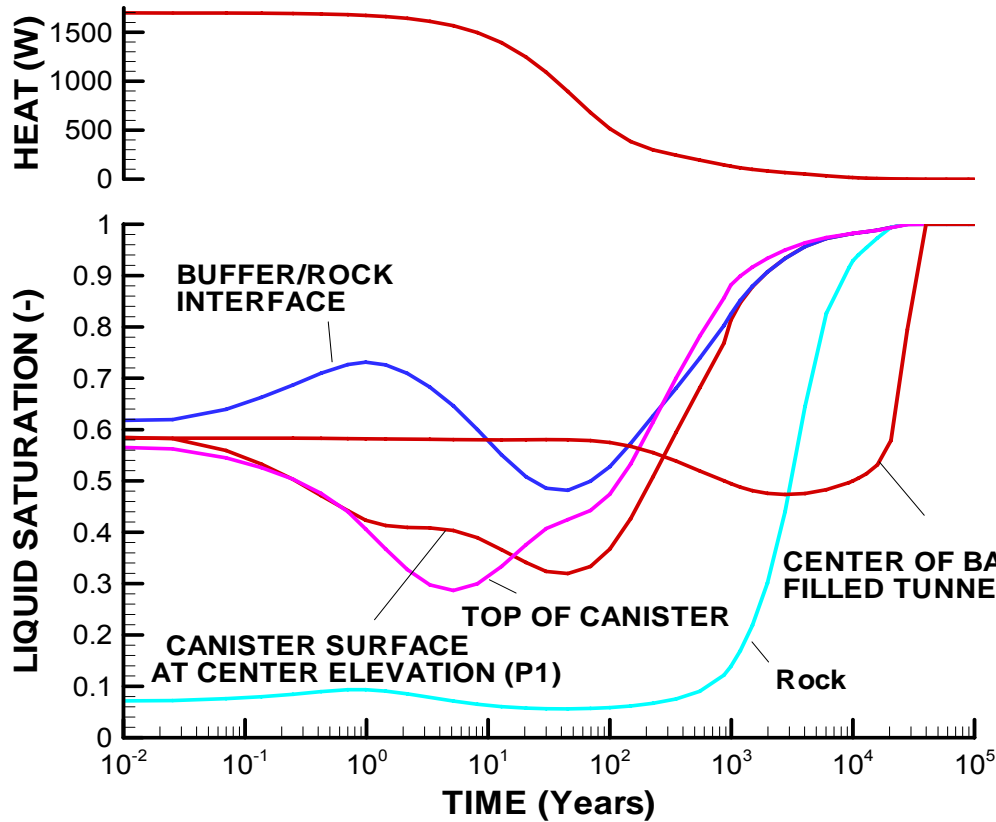
- SKB bör utreda möjlighet samt konsekvenser om det finns ett skikt med egenskaper som i flödesbufferten

12. THM-utveckling efter förslutning

Buffert/återfyllning återmättnad

- SKB förutsätter $K_{\text{berg}} = 10^{-13}$ m/s
- Rutqvist och Tsang (2007) får långa tider för förvarets återmättnad
 - för täta berg samt ej randvillkor vid 12 m
 - mera ingående resonemang kring konsekvenser av ej uppfyllda funktionsindikatorer
- Osäkerheter för bergets retentionskurva

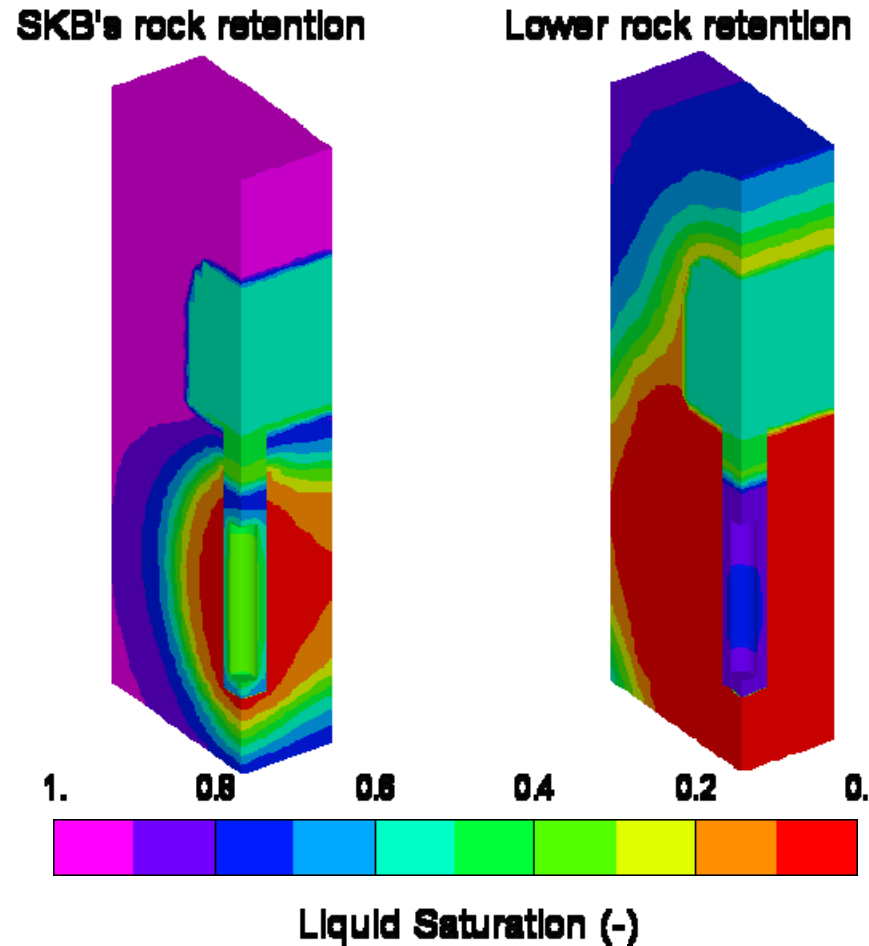
Återmättnad



Rutqvist och Tsang (2007)

Effekt av placering av randvillkor: a) nära ytan b) 12 m

Återmättnad

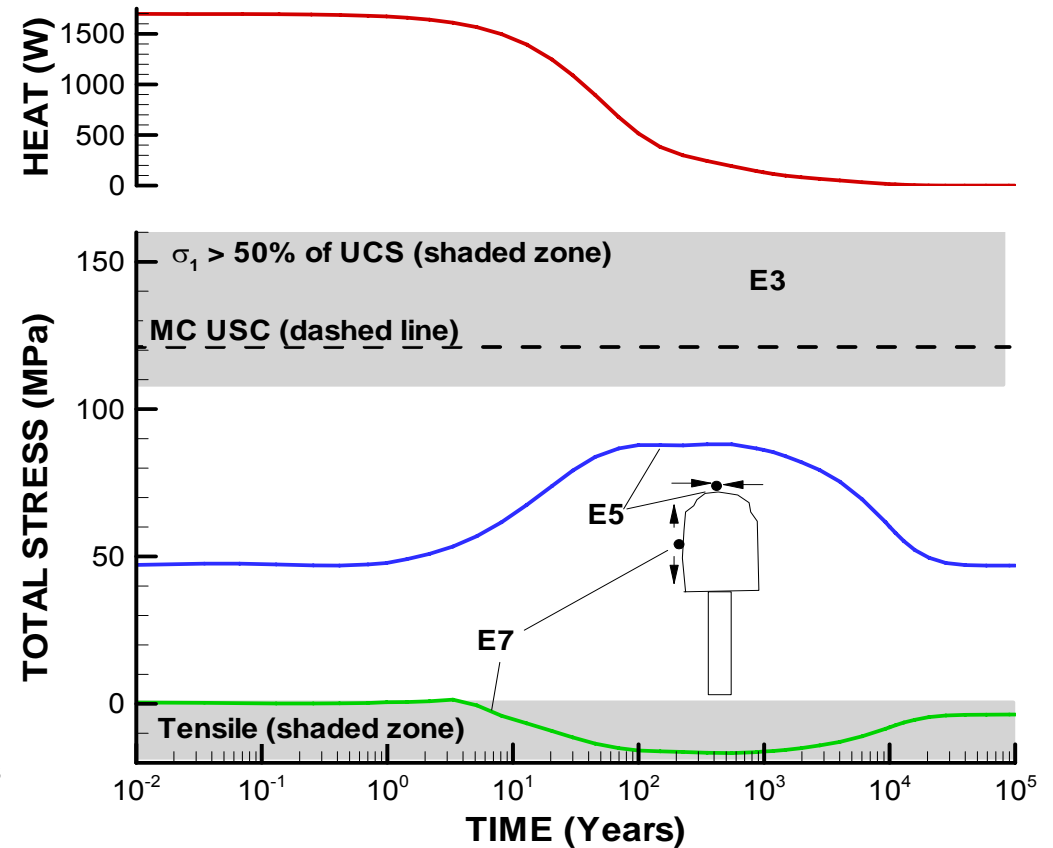
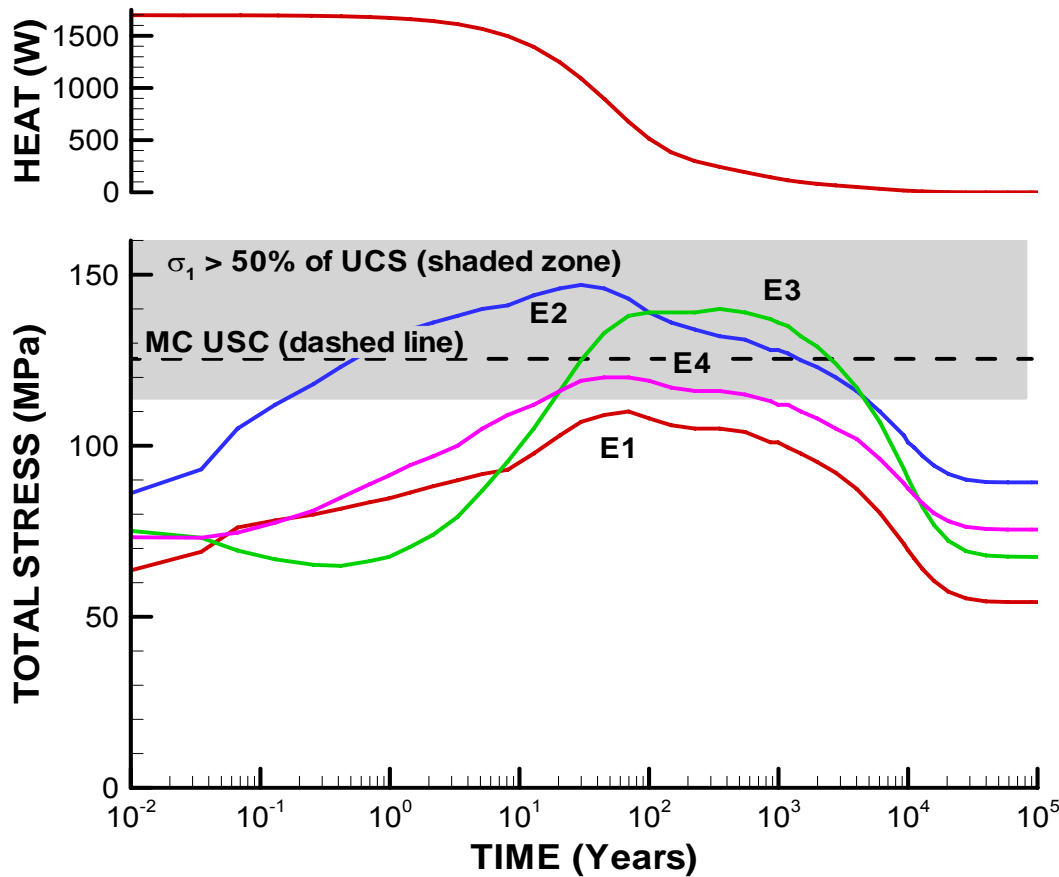


Rutqvist och Tsang (2007) Låg permeabilitet, efter 100 år

Bergmekanik

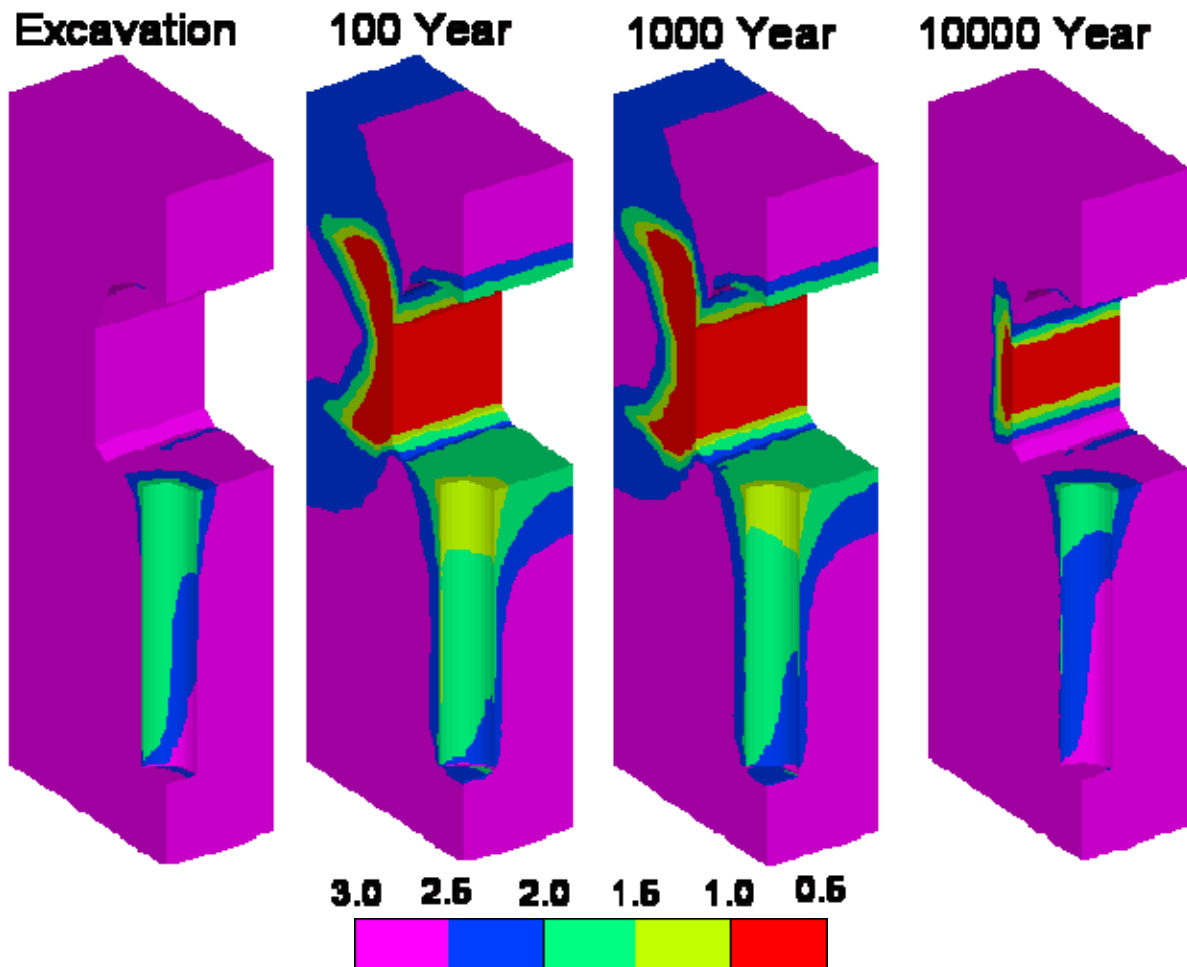
- Beakta risk för spjälkning av deponeringshål redan vid konstruktion (Laxemar tunnlar orienterade utan hänsyn till bergspänningar)
- Dragspänningar i tunnelvägg kan ge transmissiv zon (efter förslutning)
- Utveckling av bergets långsiktiga hållfasthet ej hanterad?
- Skjuvning av flackt stupande zoner?

Bergspänningar



Preliminära
granskningssynpunkter

Bergspänningar



Mohr-Coulomb Safety Factor (σ_{1c}/σ_1)

Preliminära
granskningssynpunkter

Temperaturberäkningar

- Mera fullständig argumentation kring temperaturkriteriet
- I huvudsak acceptabel metodik, behövs bra precision med tanke på krav på resursutnyttjande
 - Oklart hur förvarslayout representerats i beräkningar: Maul m.fl. får 5-10°C mer
- Torrt berg ger risk för högre temperaturer (Rutqvist och Tsang, 2007)
 - SKB bör närmare utreda risken för uttorkning av buffert nära kapsel (kopplat till osäkra värden för termisk diffusionskoefficient)

13. Klimatutveckling

Klimatutveckling & permafrost

- Myndigheterna liksom SIG och Holmlund anser att SKB gjort stora framsteg (sedan SR 97) i förståelsen av hur klimatförändringar påverkar ett slutförvar
- Myndigheterna anser också att den senaste glaciationen Weichsel är en bra utgångspunkt för att modellera framtida klimatförändringar

Klimatutveckling & permafrost

- Holmlund anser att SKB bör ytterligare analysera osäkerheterna av temperaturutvecklingen under de senaste 120 000 åren
- Holmlund anser vidare att beräkningarna av maximal istjocklek är trovärdiga men
 - SKB behöver bättre beskriva modellen och de förenklingar som den baserats på

Klimatutveckling & permafrost

- Beträffande växthusvarianten ifrågasätter Holmlund om den pågående landhöjningen för utvalda platser överstiger höjning av havsnivån som uppstår vid avsmältning av det Grönländska och Antarktiska istäcket
 - termisk expansion i världshaven ej beaktad av SKB ?

Klimatutveckling & permafrost

- Holmlund anser att SKB inte tillräckligt diskuterat risken för betydande glacial erosion för de båda kandidatområdena
 - Erosionshastigheter på ca 1 mm/år under erosionstider på 20-30 ka per glaciationscykel skulle kunna medföra betydande erosion av berggrunden under 1000 ka
 - Om betydande glacial erosion inte kan uteslutas bör detta särskilt beaktas vid övervägande av lämpligt förvarsdjup

Klimatutveckling & permafrost

- SKB utesluter frysning av bufferten på förvarsdjup utgående från modellering av permafrostdjup – vad händer vid buffertfrysning?
- Holmlund anser att beräkningarna involverar vissa osäkerheter för såväl modeller som indata
 - Osäkerhet råder beträffande uppskattad lufttemperatur på centrala Grönland – precision +/- 5° C
- Myndigheterna håller med Holmlund att SKB bör bättre redovisa och utvärdera osäkerheterna i samband med permafrostberäkningarna

Hydrologisk utveckling under glaciation & permafrost

- Myndigheterna anser att SKB bör hantera de osäkerheter som uppstår då de flesta processtudier genomförts på
 - relativt små glaciärer och
 - de flesta modelleringarna relaterar till inlandsisar
- Holmlund anser att skillnader i antaganden mellan beräkningarna för glacial hydrologi och inlandsisens utveckling bör belysas ytterligare

Hydrologisk utveckling under glaciation & permafrost

- Myndigheterna anser det viktigt att SKB analyserar betydelsen av
 - flödesmönster (storleksordningen för grundvattenflöde på förvarsdjup) och
 - utströmningspunkter (utspädningseffekter vid ytan) till biosfären under långa tider när hydrauliska konduktiviteten nära ytan är nedsatt pga. permafrost

Hydrologisk utveckling under glaciation & permafrost

- Myndigheterna anser vidare att SKB bör eftersträva en fortsatt analys för att begränsa osäkerheterna beträffande förändringar av
 - grundvattenkemi och
 - hydrologi på förvarsdjup i samband kommande klimatförändringar

Hydrologisk utveckling under glaciation & permafrost

- För planerad modellering inför SR-Site anser myndigheterna att SKB bör ta hänsyn till platsspecifika förhållanden och underbygga antaganden och randvillkor mer ingående än i SR-Can såsom
 - inströmningen under glaciären
 - Östersjöns roll
 - inlandsisens påverkan på bergets hydrauliska egenskaper
 - EDZ:s inverkan på flödena

Hydrologisk utveckling under glaciation & permafrost

- Myndigheterna anser att SKB i SR-Site bör integrera de hydrogeologiska beräkningarna med beräkningar för syrenedträngning så att det blir tydligt vilka flödesvägar som beräkningarna av syrenedträngning baserats på

14. Styrande lastfall för kapseln och dess hållfasthet över tid

Konstruktionsförutsättningar

Degraderingsmekanismer

Styrande lastfall och hållfasthet över tid

Jordskalv, magnituder och frekvenser

Konstruktionsförutsättningar

- Myndigheterna bedömer att de av SKB hittills presenterade konstruktionsförutsättningarna för kapseln är synnerligen ofullständiga. Dessa ska normalt innehålla uppgifter om belastningar och belastningskombinationer under såväl normala driftförhållanden som förväntade störningar, vilka bör specificeras i säkerhetsanalysens huvudscenario samt mindre sannolika scenarier.
- Det bör i grova drag specificeras vilka förekomstfrekvenser som de olika scenarierna svarar mot. För själva förvaret ska även ingå lastfall som avser hantering av kapseln, t.ex. om kapseln tappas under lyft eller transport. I konstruktionsförutsättningarna ska det även ingå acceptanskriterier för olika variabler där olika säkerhetsmarginaler definieras.

- Vidare saknas vissa återstående krav på kapselns olika material liksom vissa preciserade geometriska toleranser som har betydelse för tillverkningen av kapseln. Det saknas också uppgifter om de största tillåtna defekterna i kapselns olika delar som har betydelse för tillverkningskontrollen.
- Det saknas ännu en fullständig och sammanhållen designanalys av kapseln innehållande en dimensionering av kapseln och en sammanställning av de hållfasthetsanalyser som genomförts med referens till aktuella konstruktionsförutsättningar. Som det är nu är hållfasthetsanalyserna spridda på en mängd rapporter och det är inte klarlagt vilka analyser som SKB anser gäller och vilka analyser som anses vara föråldrade.

Krypning av kopparhöljet

- Myndigheterna anser att SKB bör redovisa bättre argument för att kunna utesluta sprödbrott av kopparhöljet som resultat av krypning.
- SKB behöver visa att de krypstudier som genomförs, utförs på sådant sätt att relevant krypmeکانism är aktiv och studeras för de förhållanden som råder i förvaret.

Spänningskorrosion

- Spänningskorrosion har uppträtt i oväntade sammanhang i kärnkraftindustrin och processen måste beaktas noga i säkerhetsanalyser för slutförvaring av kärnbränsle.
- Myndigheterna anser att det är av hög prioritet att ta fram bättre underlag för förståelsen av spänningskorrosion. Även möjligheten att spänningskorrosion kan uppträda efter en istid bör utredas med avseende på miljöförändringar och rörelser i berget via jordskalv.

Spänningskorrosion, forts.

- Myndigheterna anser att hantering av lokala korrosionsmekanismer som spänningskorrosion bör baseras på en konsistent och väl definierad strategi samt ett relevant och mera omfattande experimentellt underlag.
- Myndigheterna anser att SKB bör ta fram en mera detaljerad redovisning i SR-Site där alla mekanismer analyseras och diskuteras separat.

Lastfall och analyser av deras påverkan på kapseln

- a) Isostatisk last från glaciation.
 - istjocklek och hållfasthetsanalyser

- b) Skjuvlast på grund av jordskalv:
 - jordskalvsfrekvens
 - respektavstånd, kriterier för att undvika sprickområden.
 - hållfasthetsanalyser

- c) Kombination av skjuvlast och isostatisk last.

Isostatisk last från glaciation

- Myndigheterna bedömer att SKB:s uppskattningar av istjocklek är realistiska.
- Myndigheterna bedömer att osäkerheterna för uppskattning av maximal istjocklek är hanterbara och att kombinationen av modellering och geologiska observationer ger ett bra underlag.
- För hållfasthetsanalys av kapseln på grund av isostatisk last, har SKB utfört både deterministiska och probabilistiska analyser. Den probabilistiska analysen har utförts med lokal plastisk kollaps som sluthändelse men som inte orsakar kapselbrott. Det innebär att **värdet av den utförda probabilistiska analysen är litet för att påvisa tillräckliga marginaler mot kapselbrott. Däremot kan den ge vägledning om toleransen av vissa geometriska parametrar som är av betydelse för tillverkningen.**

Myndigheterna bedömer att de hållfasthetstekniska analyserna med avseende på isostatiskt tryck är genomförd på ett i huvudsak korrekt sätt och att det med fortsatta analyser finns goda förutsättningar att påvisa tillräcklig hållfasthet mot ett yttre tryck under en glaciation. Det finns dock kvarstående osäkerheter i analyserna och dess förutsättningar som SKB bör reda ut:

1. En 3D-analys av kapseln med ett tryck upp till kapselbrott bör utföras som tar hänsyn till kapselns fulla storlek och som ger information om känsligheten för variation av såväl materialdata som vissa geometriska nyckelparametrar som t.ex. excentriciteten.

2. En brottmekanisk analys av kapseln med ett tryck upp till kapselbrott bör utföras med hänsyn till inverkan av tillverkningsdefekter av olika storlek med koppling till dels tillverkningsaspekter, dels vad man kan tänkas missa vid en oförstörande provning. För insatsen finns möjligheten att spricktillväxt skulle kunna uppstå innan global plastisk kollaps inträffar.

Analysen bör även omfatta defekter i kopparhöljet och som kan tjäna till vägledning i värderingen av sannolikheten för uppkomst av spänningskorrosionssprickor.

Skjuvlast på grund av jordskalv

Myndigheterna bedömer att de hållfasthetstekniska analyserna med avseende på skjuvlaster från jordskalv är genomförd på ett i huvudsak korrekt sätt och att det med fortsatta analyser finns goda förutsättningar att påvisa tillräcklig hållfasthet mot en begränsad skjuvlast på grund av ett jordskalv.

För att påvisa giltigheten hos SKB:s strategi för hantering av jordskalvsproblematiken i stort behöver dock argumenten för 10 cm - kriteriet förstärkas. I de kvarstående osäkerheterna i analyserna och dess förutsättningar som SKB bör reda ut, ingår:

1. Hållfastheten hos kapseln från jordskalv beror starkt på buffertens egenskaper. SKB bör utföra fortsatta studier för att:
 - redovisa nödvändiga procedurer för att garantera att buffertdensiteten inte överskrider 2050 kg/m³,
 - undersöka och verifiera Ca-bentonitens egenskaper som inte verkar har studerats tillräckligt,
 - ytterligare analysera fallet med en delvis cementerad buffert såvida inte starka argument kan framläggas för varför fallet kan uteslutas.
2. SKB bör redovisa bättre analyser och undersökningar som kan verifiera att inte den faktiska brottöjningen överskrider för gjutjärnsinsatsen under en skjuvlast, dels med hänsyn till påvisad stor spridning av gjutjärnsinsatsens brottöjning, dels med hänsyn till inverkan av töjningshastigheten på kopparmaterialet och i gjutjärnsinsatsen så att inte sådana effekter innebär att man lättare når materialens brottöjning än vid kvasistatisk pålastning.

3. SKB:s beräkningar redovisar relativt stora töjningar i kopparlocket vid skjuvlaster. SKB bör genomföra nya analyser för att ytterligare demonstrera tillräcklig hållfasthet av kopparhöljet, t.ex. bättre analysmetodik, nyare materialdata samt eventuellt omkonstruktion av locket. SKB bör i detta sammanhang utreda inverkan av kvarstående egenspänningar i kopparhöljet efter en skjuvlast och hur det kan påverka risken för krypbrott och spänningskorrosion.
4. SKB bör studera inverkan av defekter i gjutjärnsinsatsen under en skjuvlast.
5. Inledande beräkningar av SKB indikerar att krypbrott av kopparhöljet inte kan förväntas vid en skjuvning på maximalt 10 cm även om relativt höga kryptöjningar predikteras. Ytterligare studier med andra krypmodeller bör utföras för att kunna göra en säkrare bedömning av risken för krypbrott av kopparhöljet efter en skjuvning.

Kombination av skjuvlast och isostatisk last

- Myndigheterna bedömer att de analyser som presenterats av SKB inte är tillräckliga för att förkasta möjligheten av att en skjuvning från ett jordskalv och isostatisk last från en glaciation skulle kunna inträffa samtidigt.
- **SKB bör utföra fortsatta studier för att belysa hur dessa laster kan samverka.** Studierna bör bl.a. innefatta inverkan av vilken modell av jordskorpan (t.ex. viskoelastisk eller viskoplastisk modell samt inverkan av olikformig tjocklek) och is som är mest relevant, inverkan av portryck och kohesion samt eventuella tredimensionella effekter. Det kan även vara värt att utföra en **hållfasthetsanalys av kapseln utsatt för en skjuvning med en samtidig isostatisk last från en glaciation för att studera hur hållfastheten påverkas.**

Respektavstånd och kriterier för att undvika sprickområden

- Myndigheterna bedömer att SKB tagit fram en lämplig strategi för att begränsa och kontrollera riskbidraget kopplat till kommande jordskalv.
- SKB:s planer för användning av respektavstånd och kriterier för val av deponeringspositioner bör ge goda förutsättningar att kunna anvisa ett slutförvar för vilket riskbidraget från jordskalv uppfyller myndighetskraven.
- Det är dock uppenbart att faktiska beräkningsresultat i SR-Can baserats på preliminär information, så det finns ett behov även fortsättningsvis av en rad åtgärder och ytterligare undersökningar, t.ex.:

1. SKB bör utföra fortsatta studier som syftar till att öka träffsäkerheten i uppskattningen av modellparametrarna som ingår i DFN-modellen beträffande bergsprickor, speciellt avseende sprickradier i området 10 till 1000 m. Det innefattar även undersökning av andra ansatser av det funktionella utseendet av $f(r)$ som beskriver frekvensfunktionen för sprickstorlekar i berget.
2. SKB bör närmare redogöra för procedurer före och under uppförandet av slutförvaret som bidrar till platsspecifik information för att undvika deponeringshål som korsas av diskriminerande strukturer. Det innefattar även vilka undersökningsmetoder som man kommer att utnyttja i sprängda tunnlar, i vilka det finns större risk att missa runtomgående sprickor jämfört med borrhade tunnlar.
3. Fortsatt utveckling av procedurer för att undvika diskriminerande strukturer för skjuvlastfallet behöver även **samordnas med en motsvarande framtida utveckling av procedurer som syftar till att begränsa riskbidraget från advektions och korrosionsfallet (om buffererosionen även fortsättningsvis kommer att betraktas som betydelsefull).**

Jordskalv - magnitud

- Det saknas utförlig diskussion om betydelse av skalv av olika magnitud.
- Större skalv ($>M6$) med längre räckvidd och högre skjuvhastighet bör analyseras.
- Extremt osannolika skalv borde kunna hanteras genom principiella diskussioner.
- Mindre skalv ($<M6$) behöver också beaktas och diskuteras:
 - Lägre gräns för skador på barriärerna via krypning efter ett skalv.
 - Ytterligare analys av 10 cm kriteriet bör ge bättre underlag för bedömning.

Jordskalv - frekvens

- Värdet av ytterligare studier av skalvfrekvens bör vägas mot andra åtgärder för att minska osäkerheter.
- Studien av Hora och Jensen (2005) var genomförd med relativt små medel.
 - En mer ambitiös liknande studie kan övervägas.
- En analys av variation av sannolikhet med tiden är önskvärd.
 - Ökad sannolikhet direkt efter avsmältning.
 - Om möjligt mer realistisk beskrivning av risk som funktion av tid.

Jordskalv - övrigt

- Mera omfattande motivering av extremt långa tider.
 - Effekter av upprepade skalv inom samma område efter upprepade glaciationer.
- Metod för fördelning av riskbidrag mellan individuella zoner bör utvecklas.
- **Sammanfattning: Bra strategi för jordskalvproblematik men bättre motivering av antaganden behövs.**

15. Geokemi och kopparkorrosion

Geokemi - allmänt

- Komplex område, relativt liten datamängd, potentiellt stor påverkan på riskanalys
- Bra simuleringar för tempererad period
 - Väl begränsad dokumentation av beräkningsfall
- Utmaning inför SR-Site: att skapa rimlig förståelse geokemisk utveckling under klimacykel, att redovisa processer som påverkar viktiga kemiska variabler och motivera antaganden kring parametervärden
- Diskussion om tre viktiga komponenter i grundvatten:
 - Salthalt
 - Syre
 - Sulfidhalter

Geokemi - salthalt

- Kopplar starkt till hydrologiska faktorer
- Betydelse för svälltryck, piping/erosion, bufferterrosion
- Driftfas – högsta salthalten som behöver beaktas
- Tempererad fas
 - Kan bufferterrosion uteslutas för tempererade betingelser?
 - Växthuseffekt – inverkan havsnivåförändringar och salthalt i Östersjön
- Långsiktig klimatutveckling
 - Betydelse av permafrost (regionalt flöde)
 - Återhämtning av salthalt efter inflöde av glacialt smältvatten

Geokemi - initialt syre

- Omfattning av initial korrosion av kvarvarande syre troligen korrekt, men underlaget inte fullständigt redovisat
- Osannolikt att allt kvarvarande syre skulle reagera med koppar, men detta behöver motiveras bättre (ger skillnad för korrosionsdjupet: 1 mm el. 10 μ m)

Geokemi – syre glaciation

- Avsaknad tydlig presentation av problem och strategi för hantering,
 - utgångspunkt bör vara en utförlig beskrivning av relevanta redoxprocesser och hur de kan ändras i tiden
 - Viss motstridig info i olika delar av SR-Can
- Osäkerheter i tillgänglighet av reducerande mineral bristfälligt beaktade
- Förhöjda halter av syre i infiltrerande smältvatten inte beaktade
- Betydelse av begränsad infiltration av syre i större område (längre från iskanten och under längre tid)

Geokemi – syre glaciation

- Frågan nödvändigtvis inte om syre på förvarsdjup men om tillräckligt syre kan komma in i förvaret för att orsaka skada
- Ingen redovisning av syreförbrukning i buffert, återfyllning samt ”närberg”
- Om syretillförsel nära kapsel inte kan uteslutas: diskutera på nytt förutsättningar för lokal korrosion

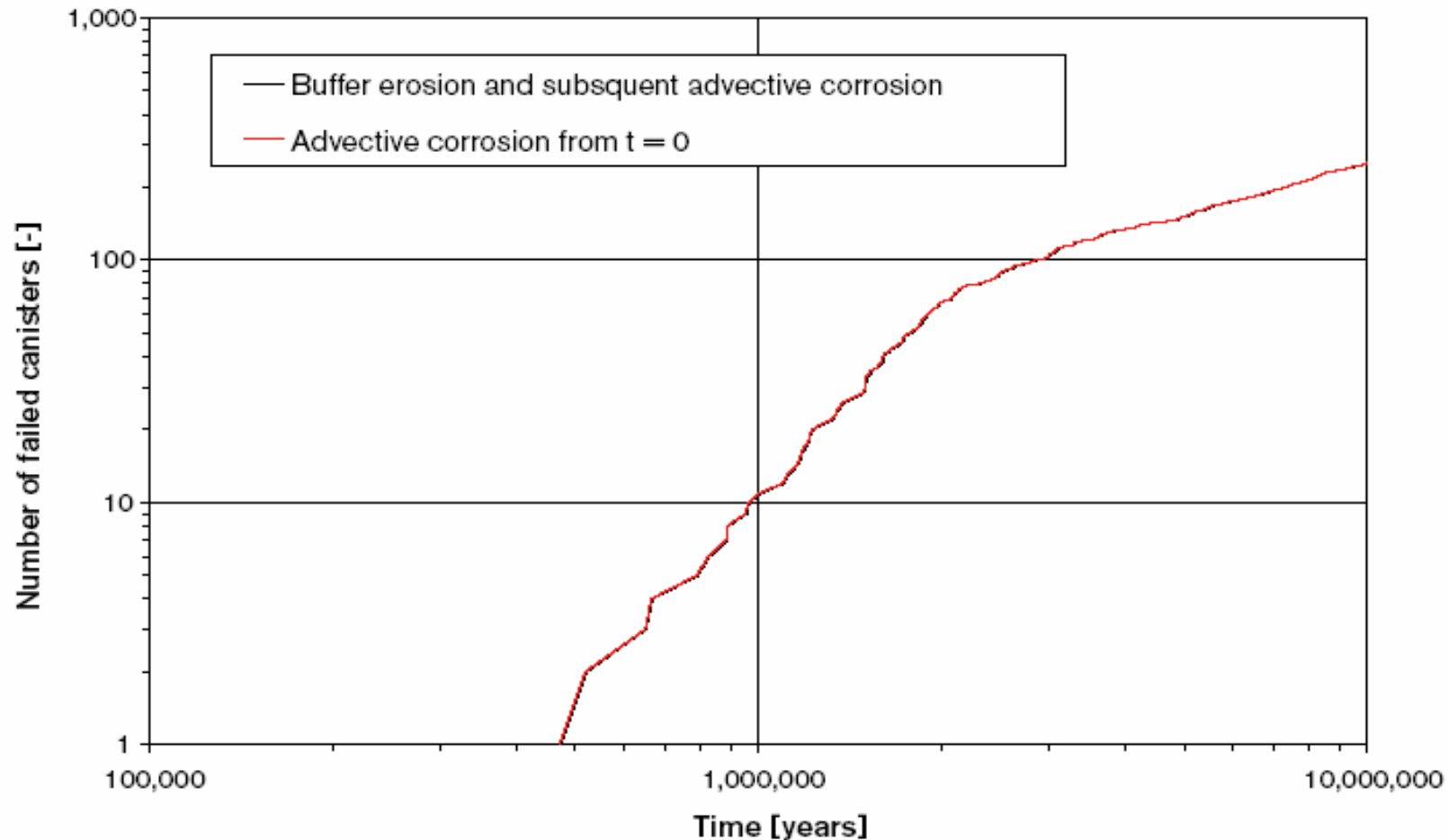
Geokemi – sulfid tidig utveckling

- Platsspecifika skillnader i sulfathalt med djup (Laxemar, Forsmark, Olkiluto)
 - Vilka faktorer begränsar sulfatreduktion?
 - Är SKB:s antaganden i SR-Can konsistenta med data från kandidatområdena?
- Bättre underbygga antagande att pyrit styr sulfidlöslighet i buffert
 - Experimentella bevis för att FeS bildas i närvaro av pyrit
- Mikrobiell aktivitet nära buffert (spricka, återfyllning) kan ev. ge ytterligare bidrag (SKI rapport 2006:07)
- Risk för mikrobiell aktivitet i intakt buffert
 - Möjlig anpassning av mikrober → Långtidsförsök

Geokemi – sulfid långsiktigt

- Utmaning att få bättre förståelse för vilka processer som styr tillgänglighet av sulfid under olika stadier av klimatutvecklingen
- SKB bör inte utan analys förutsätta att uppmätta halter gäller alla faser av förvarets utveckling
 - Tillförselvägar av metan och vätgas under varierande hydrologiska betingelser
 - Permafrost – betydelse av metanis
 - Tillförsel av sulfat under varierande hydrologiska betingelser
 - Betydelse av tillförsel av järn för begränsning av sulfidernas tillgänglighet (löslighet sulfider)
 - Begränsande faktorer för sulfatreducerande bakterier

Korrosion



På lång sikt: kapseln dominerar stort → medför högre krav på redovisningen

Kapselkorrosion

- Allmän korrosion av koppar
 - Dominerande mekanism för kapselbrott
 - Behövs ingående analys och mer diskussion om förenklingar och antaganden
- Lokala korrosionsmekanismer
 - Centralt antagande att helt utesluta inverkan av lokal korrosion
 - Argumentation kring gropfrätning baseras f.n. enbart på empiriska överväganden
 - Kända mekanismer bör diskuteras och uteslutas
 - Experimentella studier som underbygger slutsatser kring lokal korrosion i sulfidhaltig miljö (gropfrätning, spänningskorrosion)

Advektions- korrosionsfallet

- Strategi för kontroll av riskbidrag ?(jämför med skjuvlastfall)
 - Krav på koppartäckning och flödesbegränsning
- Uppkomst av advektiva förhållanden buffert
 - Otillräckligt diskuterade antaganden kring eroderad buffert (geometri hålrum)
 - Analys av hur buffertens tillstånd gradvis försämras, t.ex. SRB, diffusivitet
 - Konsekvent med förutsatt klimatutveckling
 - Underlag till utformning av buffert

Advektions- korrosionsfallet

- Beräkning av tider för kapselbrott, motivera koncentrationsintervall för korroderande ämnen:
 - Vilken data och modellering kan detta baseras på (heterogent fördelade → ej medelvärden)?
 - Förståelse av klimatförändringarnas påverkan?
 - Vilka tidsberoende processer behöver beaktas? Finns korrelation med flöde?

Korrosion - övrigt

- Vilka korrosionsbidrag utesluts och vilka beaktas?
 - Summering av bidrag
 - Koppartäckning utvecklas i tiden
- Bättre underbygga antagande att inte ta hänsyn till defekter
 - Separat diskussion av olika typer av defekter
- Kopparhöljets tjocklek har viss betydelse motståndskraft mot mekaniska belastningar

16. Radionuklidtransport och dosberäkningar för referensutvecklingen (kapitel 10 i huvudrapporten)

Radionuklidtransport.....

- myndigheternas granskning

1. Egen granskning med stöd av IRT och konsulter
2. Reproducering
 - Climb: pin-hål (deterministiskt fall) + LDF-beräkningar
 - K. Stark: beräkningar miljöpåverkan
 - Quintessa: pin-hål + advektiva förhållanden (deterministiskt + probabilistiskt fall)
3. Kompletterande beräkningar
 - Climb: 2 alternativa modeller för dos i biosfären
 - Quintessa: pin-hål med alternativa DFN-data från Geier

Radionuklidtransport.....

- beräkningsmodeller 1(2)

- Förbättrad dokumentation av modeller (AMF, modellrapport)
 - modellrapporten bör vidareutvecklas inför SR-Site
 - motsv. ambitionsnivå för biosfärsmodeller
- Analytiska modeller bör dokumenteras och verifieras bättre (t.ex. tillämplighet inom fullständiga parameterintervall)
 - riskanalysen baseras i stora delar på probabilistiska beräkningar med analytiska modeller
 - transportmodell för advektiva förhållanden kritisk för riskuppskattning

Radionuklidtransport.....

- beräkningsmodeller 2(2)

- Viktigt med system för versionshantering av koder
 - flera koder kommer att "hänga med" länge
- Bra att SKB utvecklar transient transportkod
 - men viktigt att den hinner utvärderas inför SR-Site
- SKB bör ta fram strategi för användning av parallella koder
 - COMP23+FARF31/analytiska lösningar/PORSS/kolloidtransport (exempel på behov av mer samlad motivering av SA-metodik)

Radionuklidtransport.....

- kolloidal transport

- Hänvisning till what-if beräkningar för att avfärda kolloider är otillräckligt förklarad
 - återstår även stora osäkerheter i beskrivningen bufferterosion som kan påverka bedömningen av kolloiders betydelse (t.ex. kemisk erosion vid lägre flöden)
- Med tanke på bufferterosionens centrala roll bör SKB visa att man har principiell förståelse för kolloidal transport och kan hantera och processen modelleringsmässigt



Microsoft
PowerPoint-presentati

Radionuklidtransport.....

- indata och fördelningar

- Bra format för dokumentation i datarapporten men brister i tillämpningen i SR-Can
- Ofullständig redovisning av indata till RN-transport i SR-Can
- Vissa parametervärden och fördelningar bör motiveras bättre
 - t.ex. fördelning för max penetrationsdjup, tid för förlust av transportmotstånd, bränsleupplösningshastighet
 - flera exempel på parametrar som valts mindre konservativt jämfört med SR-97 (Kd för Ra-226, diffusivitet i berg, IRF, löslighetsbegränsningar)

Radionuklidtransport.....

- osäkerhetsanalyser

- Bra uppsättning beräkningsfall för att belysa osäkerheter!
- Behövs bättre beskrivning/motivering av strategin för osäkerhetsanalys
 - syfte med olika analyser
- Resultaten bör förklaras utförligare
 - fullständigare figurtexter
 - analys av realiseringar som ger höga doser
 - kompletterande deterministiska beräkningsfall
- Illustrativa separata analyser av pulsutsläpp, gasutsläpp, DCF för brunn
 - men oklart om de kan uteslutas från risksummeringen

Radionuklidtransport.....

- känslighetsanalyser 1(2)

- Interimsanalys ej direkt tillämpbar för SR-Can
 - olika värdeintervallen för vissa parametrar (hydrodata v. 1.2 resp. 1.1)
 - nya utsläppsscenarier kan ha förskjutit den relativa betydelsen av olika transportparametrar
- Otydlig strategi för hantering av blandning av konservativa och realistiska antaganden
- Otilräckliga känslighetsanalyser för optimering av design/tillverkning med tanke på uttalad målsättning om återkoppling i SR-Can
 - t.ex. kapseltjocklek, bufferttjocklek, indikatorkriterier

Radionuklidtransport.....

- känslighetsanalyser 2(2)

- SKB bör genomföra mer genomgripande känslighetsanalyser inför SR-Site
 - motivering av metoder i förhållande till syften med analyserna
 - vid behov komplettera SRRC med andra metoder (jmf biosfärsanalys som använder fler metoder)
 - mer detaljerade analyser av underliggande faktorer för kritiska parametrar (t.ex. kapselbrottsfördelning, bränsleupplösning)

Radionuklidtransport.....

- riskutspädning

- Förtjänstfull redovisning av riskutspädning för de analyserade läckagescenarierna!
- Bra ansats även för SR-Site
- Undantag: saknas diskussion om riskutspädning pga. osäkerheter i fördelning av utsläppspunkter

Radionuklidtransport.....

- what-if-beräkningar

- I princip bra beräkningsfall för att illustrera barriärfunktioner i enlighet med SKIFS 2002:1 (fig. 10-53 s. 451)
- Resultaten bör dock förklaras bättre:
 - hur olika nyckelnuklider påverkas under olika tider
 - hur de olika barriärernas relativa betydelse förändras med tiden
- Geosfärstransmission ger bra förståelse för bergets fördröjande funktion



Microsoft
PowerPoint-presentati

Radionuklidtransport.....

- pinhålsfallet

- Bra att fallet redovisas (krävs enligt SKIFS 2002:1)
- Climb/Quintessa har lyckats reproducera beräkningarna
 - vissa frågetecken kring transportvägen Q3
- Oklarheter kring hantering av termisk spjälkning och dess betydelse för Q_{eq}
 - bra att SKB planerar ytterligare experimentellt arbete

Radionuklidtransport.....

- advektions/korrosionsfallet

- Kritiskt för riskanalysen!
- Preliminär hantering – många frågor att lösa inför SR-Site
 - geometri eroderad buffert
 - tillämplighet av Qeq
 - kolloiders inverkan
 - hantering pulsutsläpp och medfällning av Th-230, Ra-226
 - analytisk utsläppmodell otillräckligt dokumenterad
- Bra att probabilistiska beräkningar baseras på fixa kapselbrottstider
 - men otillräcklig osäkerhetsanalys m.a.p. kapselbrottsfördelning och flödesfördelning (1 DFN realisering)

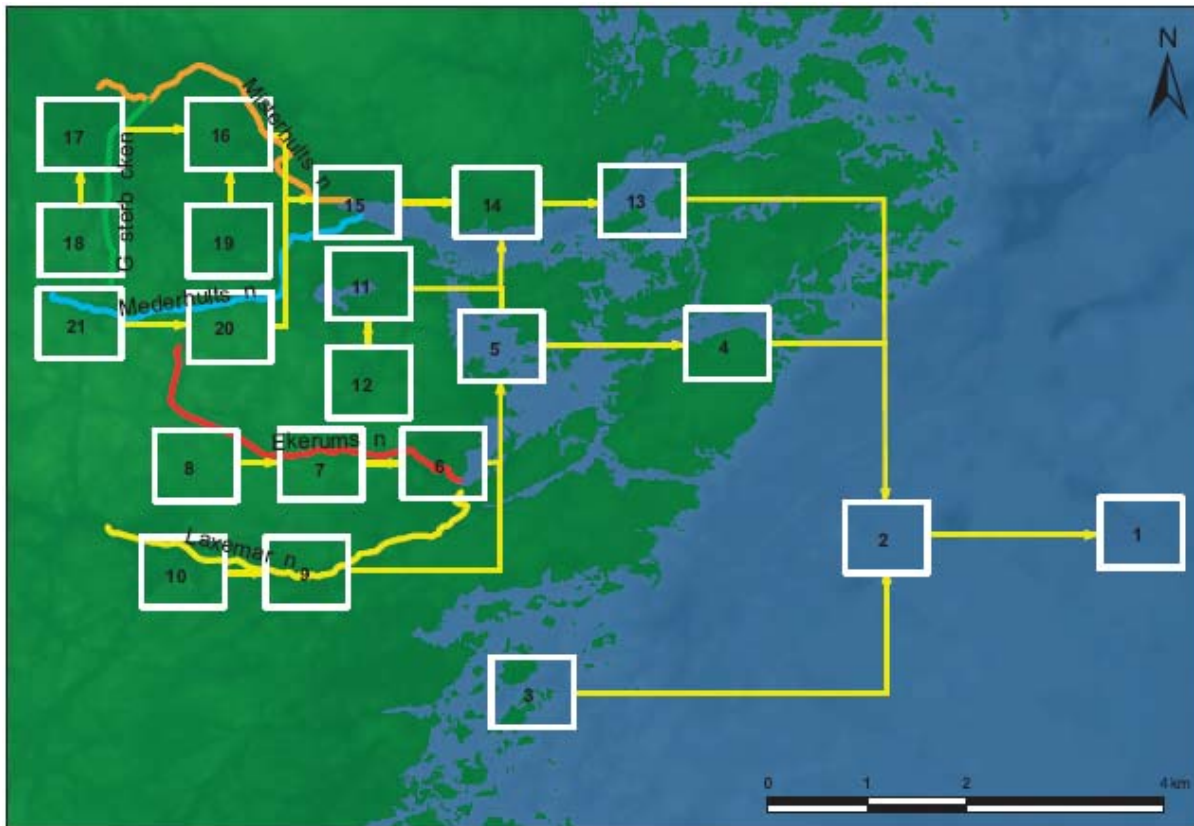
Radionuklidtransport.....

- skjuvbrottsfallet

- Förenklad/pessimistisk modell
 - 20 cm bentonit, transportmotstånd försummas i kapsel & berg
- Pessimistisk ansats kan vara acceptabel men bör motiveras bättre utifrån processförståelse
 - återstår även frågor om skalvfrekvens
- Bra illustration och diskussion av riskutspädning

17. Dosberäkningar och analys av miljöpåverkan

Vår förståelse av LDF-koncept



Landskapmodell

- Sub-modeller

Landskapsdosfaktor, (LDF)

- Enhetsutsläpp
- 18 000 år

Preliminära
granskningssynpunkter

Vår förståelse av LDF-konceptet

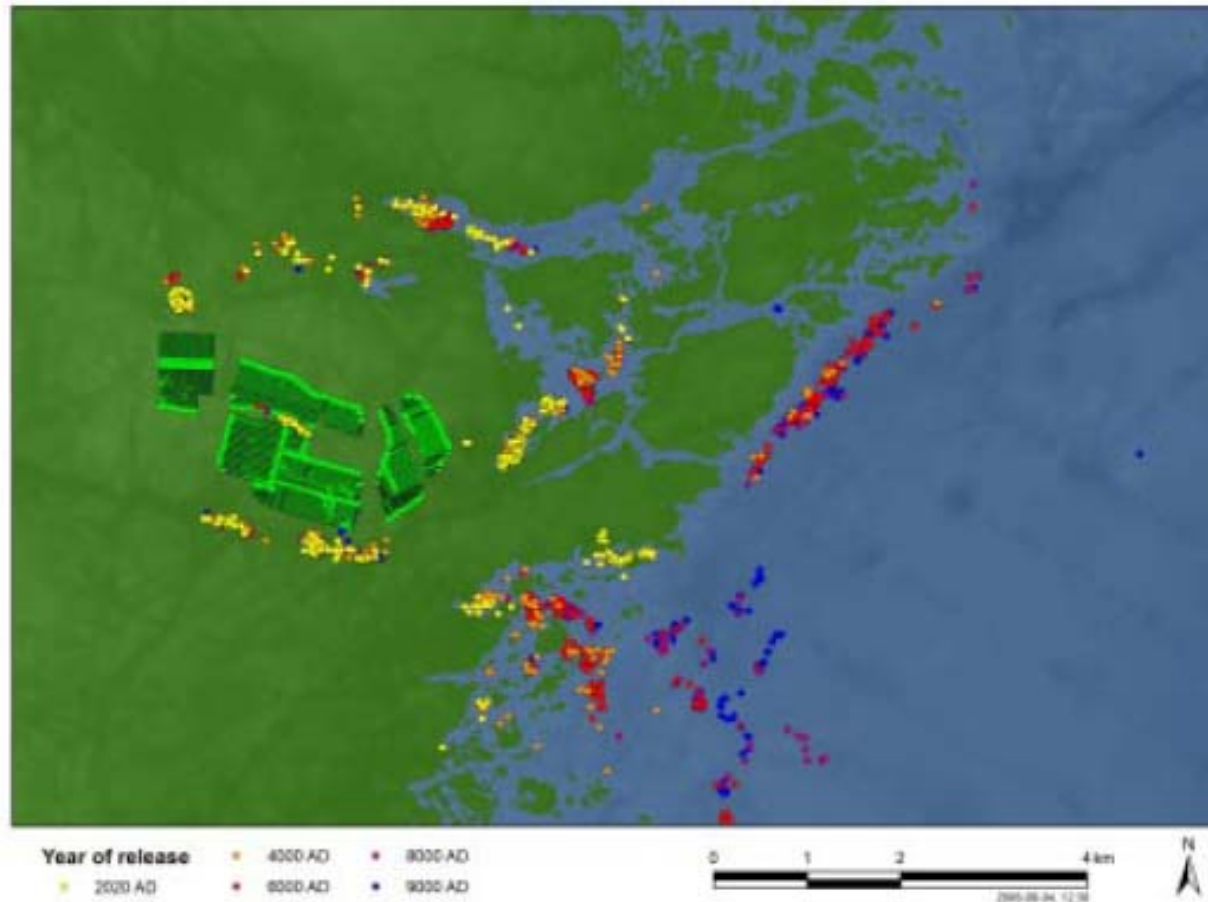
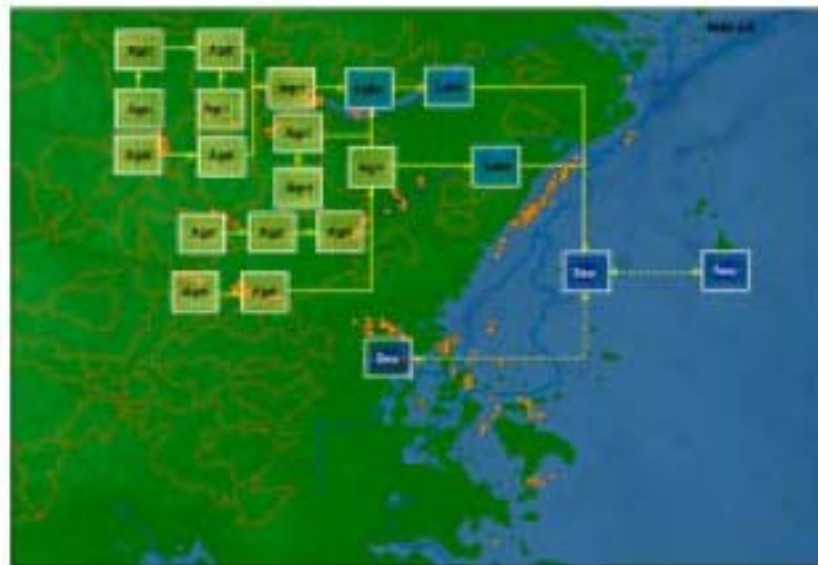


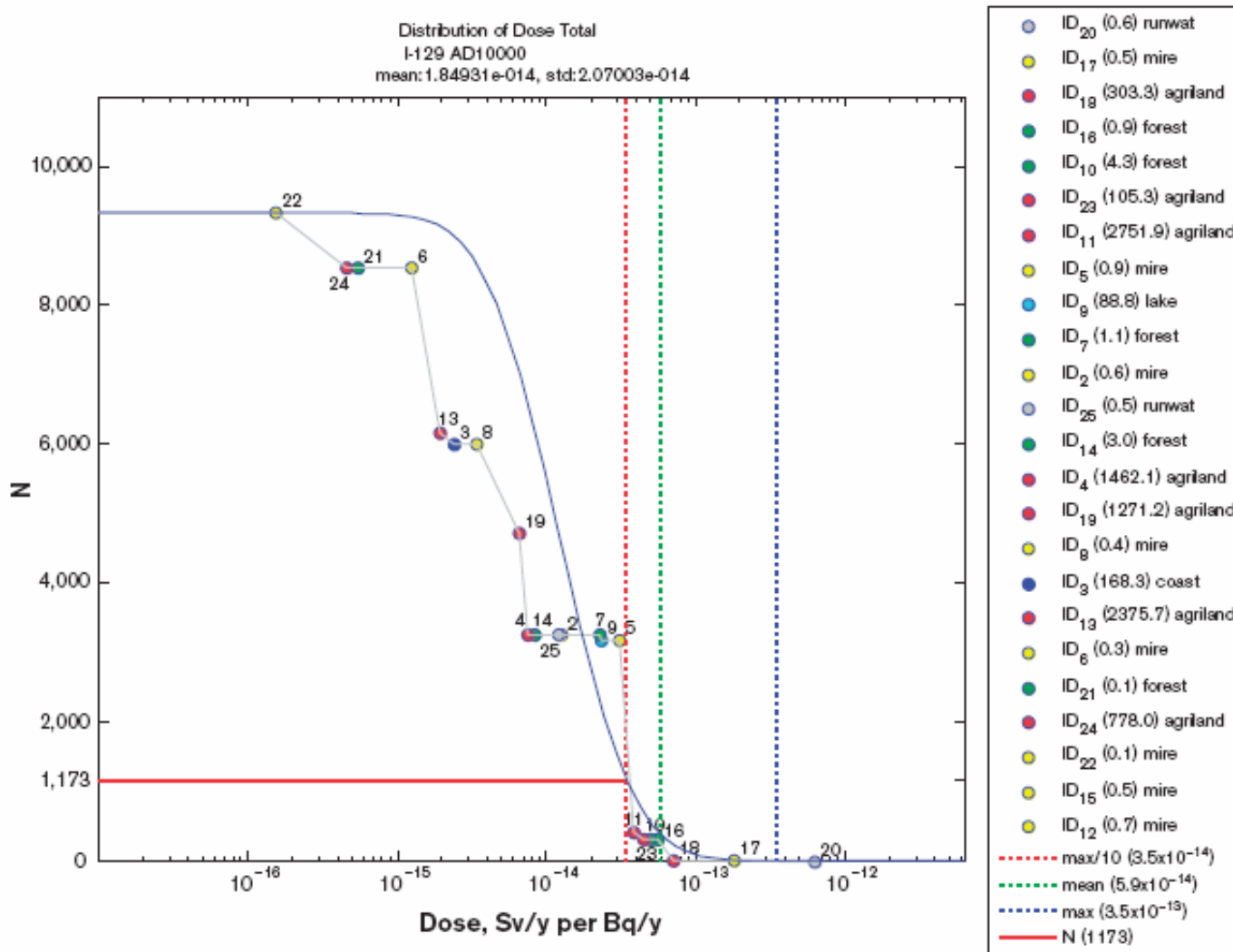
Figure 6-2. Laxemar site with the location of the repository (green) and the calculated exit points over time (yellow), based on the reference case in /Hartley et al. 2006a/.

Vår förståelse av LDF-konceptet



Preliminära
granskningssynpunkter

Vår förståelse av LDF-konceptet

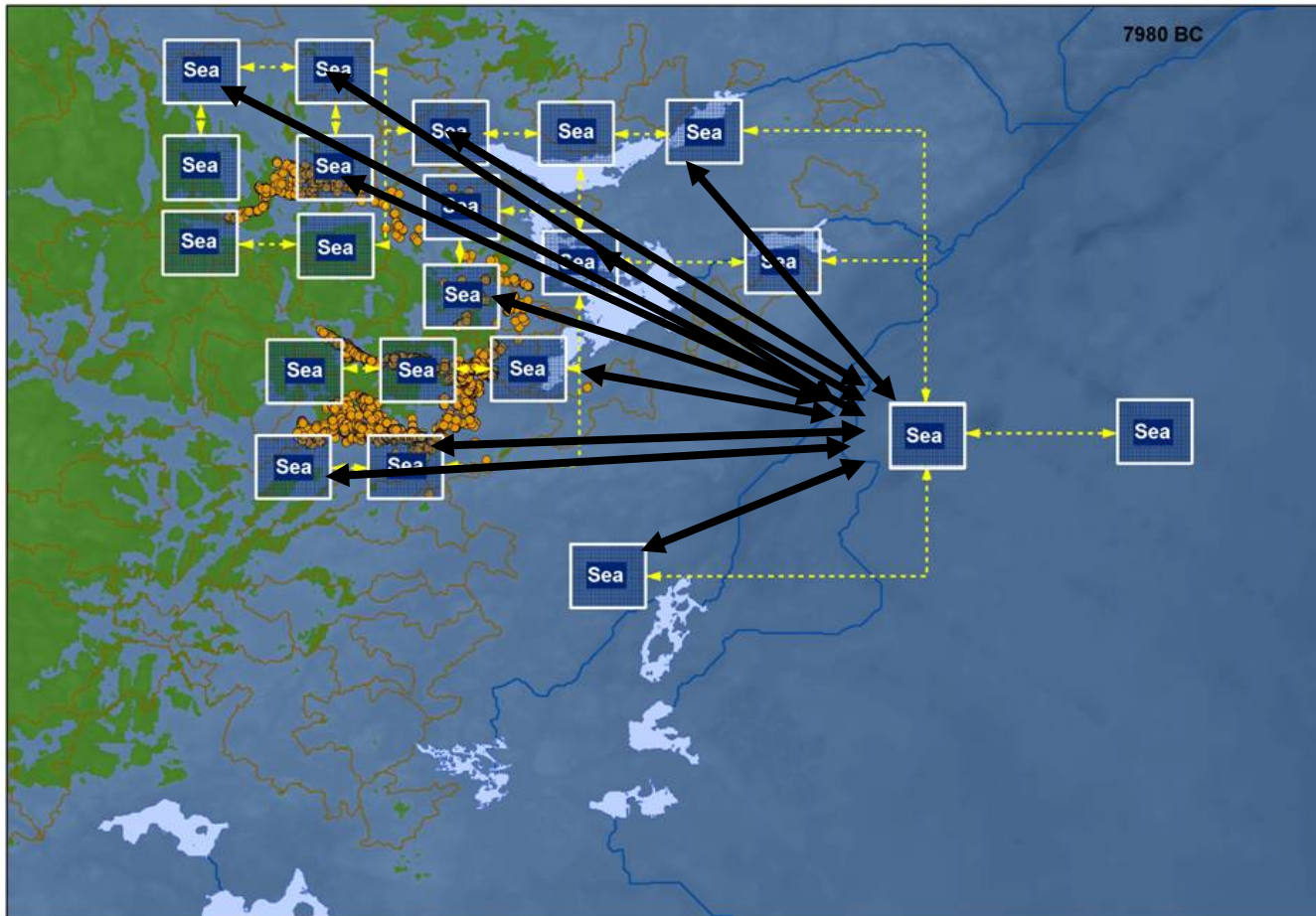


$$N_{sjö} = \frac{Pty_{sjö} * Area_{sjö}}{110}$$

$$Dosrat = 110 * C_{sjö}^i * T_{agg}^{sjö} * DC_{ing}^i$$

Preliminära
granskningssynpunkter

Oklarheter angående antaganden



Preliminära
granskningssynpunkter

Oklarheter angående antaganden

Havs och sjö modell

$$ResTime = \frac{mean_depth * Area_obj}{area_cath * runoff}$$

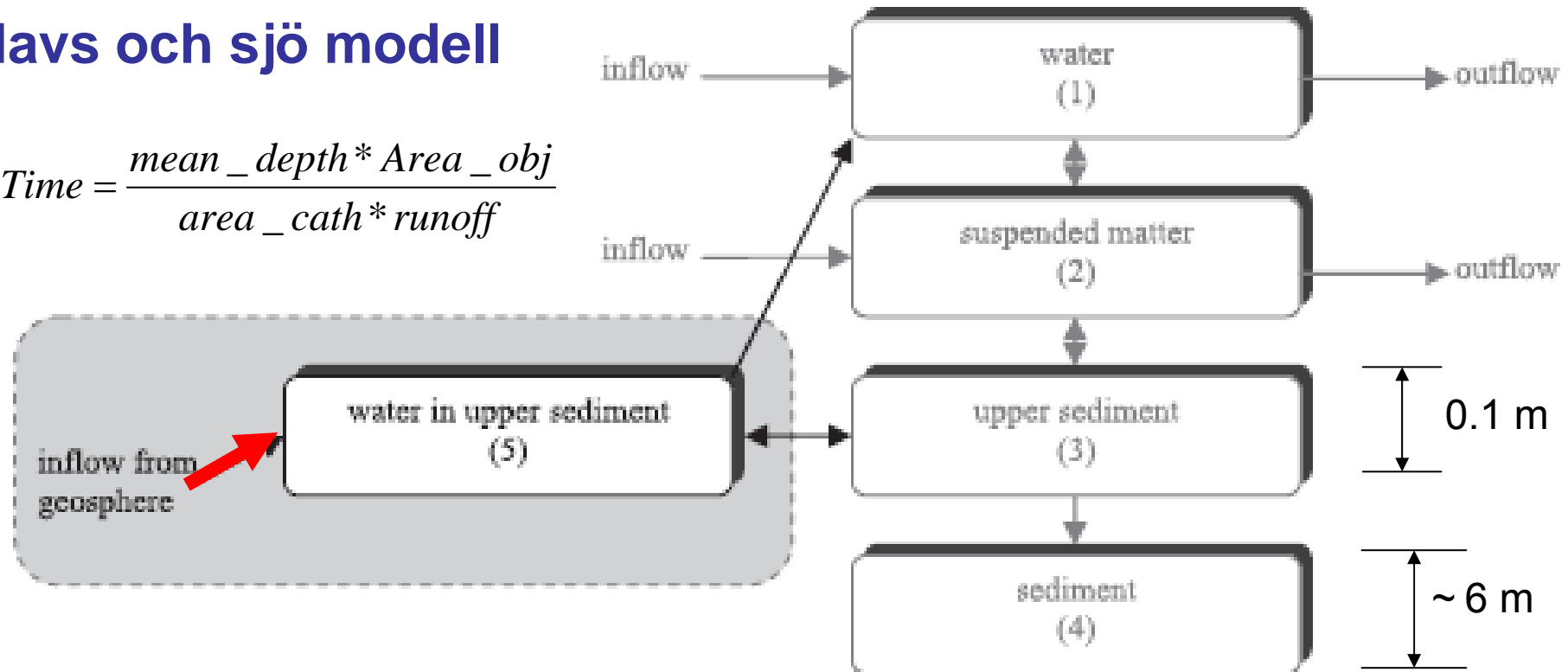
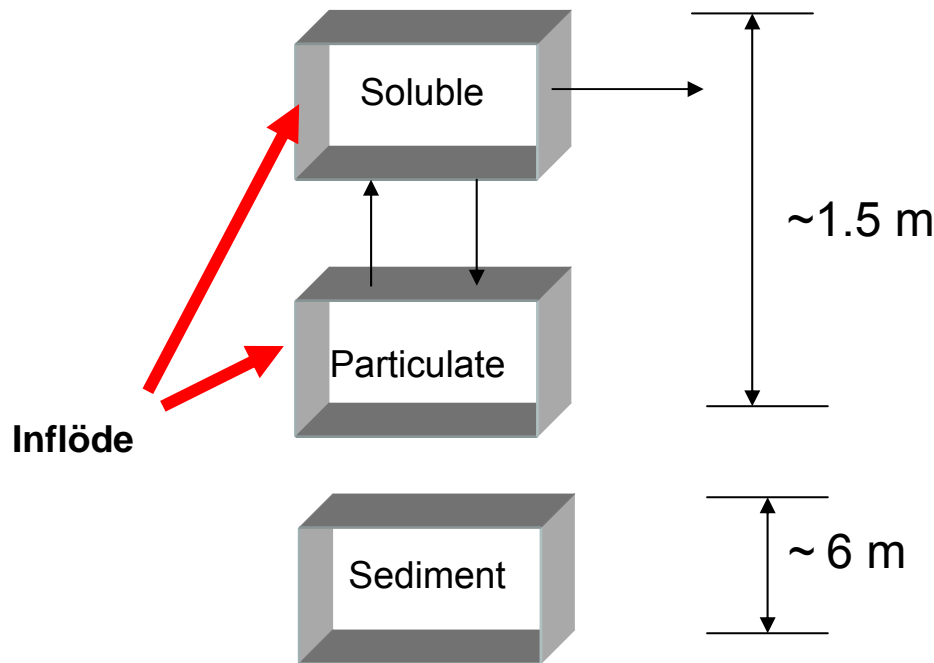


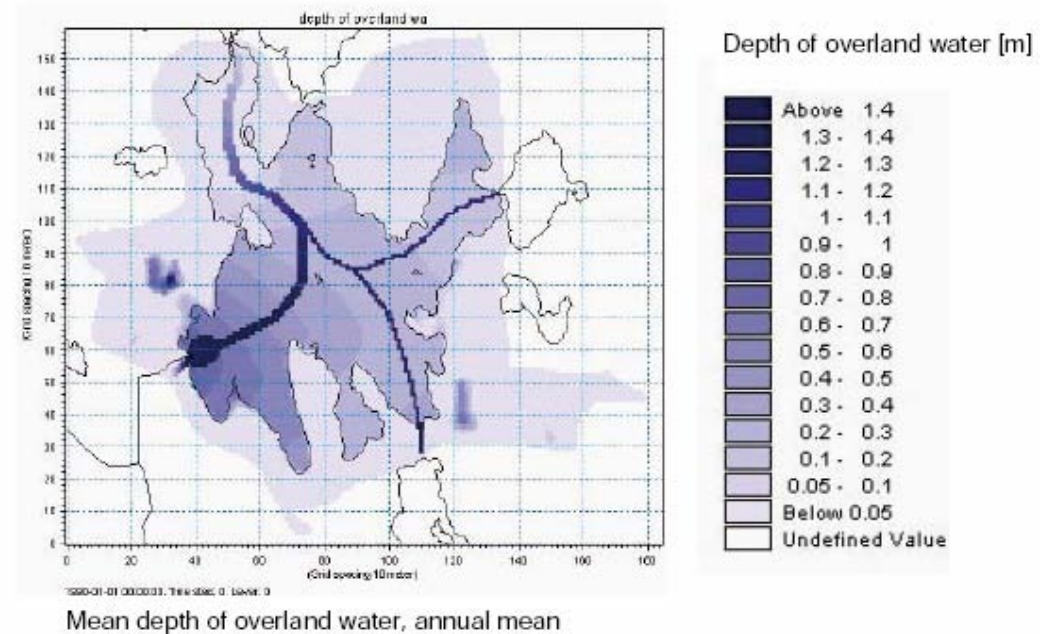
Figure C-13. Structure of the improved section of the coastal and lake module. The parts that have been added to the model are highlighted in the grey box. In the panel the additional equations describing the transfer are listed. The remaining parts are described in /Karlsson et al, 2001/.

Oklarheter angående antaganden

Myr modell



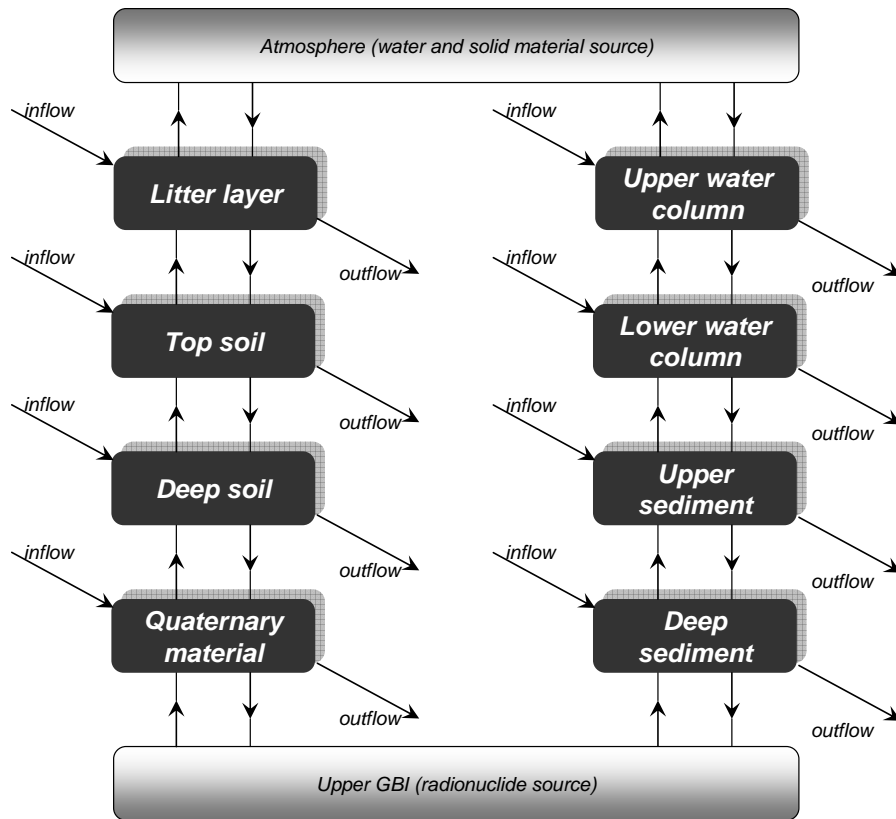
$$\text{Area_Avr}/\text{area_mir}=100$$



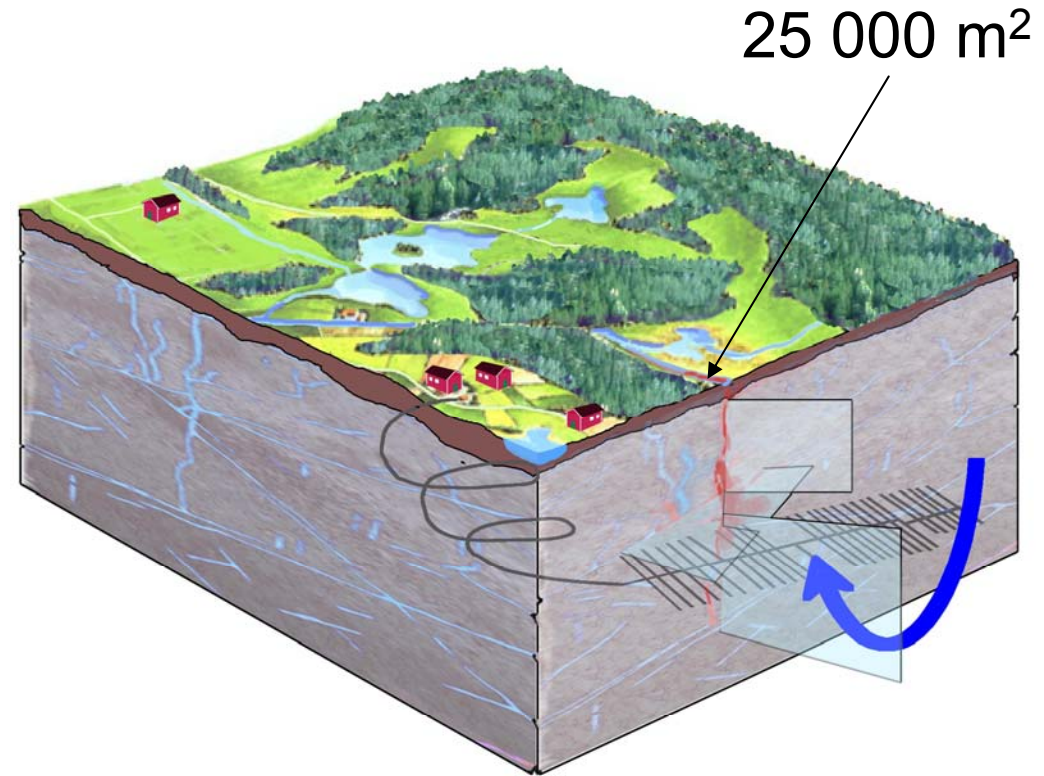
“... the large inflows from upstream catchments will keep quite large water courses open where the velocities are higher, while the actual mire develops around the main stream where the velocities are smaller” (R-06-46).

Myndigheternas oberoende modellering — två alternativa modeller

Dosrat är två storleksordningar högre än SKB:s LDF-värden



GEMA modell



Transport modeller

Preliminära
granskningssynpunkter

Myndigheternas oberoende modellering — brunnsscenariet

| Radionuclide | LDF | DCF Well (SR-Can) | DCF Well (SR 97) | DCF Well |
|--------------|----------|----------------------|--|--|
| | | | well capacity 2000 [m ³ /y] | (scaled from SR 97) well capacity 7884 [m ³ /y]* |
| Cl-36 | 8.10E-15 | 3.70E-14 | 9.80E-13 | 2.49E-13 |
| Ni-59 | 4.40E-15 | 2.50E-15 | 7.90E-14 | 2.00E-14 |
| Nb-94 | 2.10E-11 | 4.70E-13 | 4.60E-12 | 1.17E-12 |
| Tc-99 | 3.10E-15 | 2.60E-14 | 7.40E-13 | 1.88E-13 |
| Pd-107 | 2.20E-15 | 1.40E-15 | 3.10E-14 | 7.86E-15 |
| I-129 | 1.60E-11 | 4.40E-12 | 1.20E-10 | 3.04E-11 |
| Cs-135 | 2.30E-12 | 7.90E-14 | 2.60E-12 | 6.60E-13 |
| Cs-137 | 4.10E-12 | 1.90E-12 | 7.90E-12 | 2.00E-12 |
| Sm-151 | 2.00E-16 | 4.00E-15 | 4.10E-14 | 1.04E-14 |
| Pb-210 | 5.30E-12 | 2.70E-11 | 2.50E-10 | 6.34E-11 |
| Ra-226 | 4.70E-11 | 1.10E-11 | 1.60E-10 | 4.06E-11 |
| Th-229 | 3.20E-12 | 2.00E-11 | 5.10E-10 | 1.29E-10 |
| Th-230 | 1.00E-10 | 8.30E-12 | 2.60E-10 | 6.60E-11 |
| Th-232 | 1.20E-12 | 9.10E-12 | 2.90E-10 | 7.36E-11 |
| Pa-231 | 7.60E-12 | 2.80E-11 | 8.50E-10 | 2.16E-10 |
| U-233 | 3.70E-13 | 2.00E-12 | 2.80E-11 | 7.10E-12 |
| U-234 | 2.40E-12 | 1.90E-12 | 2.80E-11 | 7.10E-12 |
| U-235 | 3.20E-13 | 2.10E-12 | 2.60E-11 | 6.60E-12 |
| U-236 | 3.40E-13 | 1.80E-12 | 2.60E-11 | 6.60E-12 |
| U-238 | 3.20E-13 | 1.80E-12 | 2.50E-11 | 6.34E-12 |

Gransknings kommentarer

- Myndigheterna anser LDF-konceptet är ett stort steg i utvecklingen av riskanalysen/doskonsekvensanalysen.
 - En integrerad landskapsmodell som visar successionen av landskapet till följd av landhöjningen
 - Nya inslag i analysen: t.ex. aggregated transfer factor (TFagg), lognormal fördelningsmetod och Landskaps Dos Faktor (LDF)

Gransknings kommentarer

- Medelvärdesbildning av dosberäkningen över landskap inte är teoretiskt korrekt
 - LDF-konceptet inte är konsistent med övriga utsläppsscenarier
 - I praktiken leder den nuvarande metoden till en utspädning, d.v.s. en underskattning av dos.

Gransknings kommentarer

- SKB:s landskapmodell avspeglar inte processer som t.ex. radionuklidfördelning och ackumulering i utsläppsområden i någon högre detaljeringsgrad
 - Oberoende modellering har t.ex. visat att inflödet av radionuklider till biosfären kan ske i geografiskt mer begränsade områden,
 - Resulterar från två oberoende modelleringar visar högre dosrat (två storleksordningar) än de LDF-värden som redovisas i SR-Can
 - SKB bör utreda betydelsen av utvalda antaganden och processer i sub-modellerna inför SR-Site

Gransknings kommentarer

- SKB endast använt ett värde för LDF i säkerhetsanalysen (ingen probabilistisk simulering)
- Myndigheterna och SIG anser att eftersom den resulterande spridningen kan pågå under väsentligt längre period än 18 000 år behöver analysen täcka en längre period.
- Myndigheterna anser att SKB inför SR-Site bör göra utförligare analyser av osäkerheter i fördelningen av utsläppspunkter från förvaret.

Gransknings kommentarer

- Myndigheterna anser att lognormal fördelningsmetod är principiellt i överensstämmelse med SSI:s allmänna råd (SSIFS 2005:5).
 - Dock inte korrekt tillämpning av metoden
- TFagg kan användas som bas för beräkningar
 - Antaganden som ligger till grund för uppskattningarna av TFagg är otydliga
 - En mer systematisk analys behöver att redovisas.

Gransknings kommentarer

- ERICA-verktyget
 - Verktyget kan användas men SKB bör motivera val av metod
 - Exponeringsvägar viktigt underlag för riskbedömning
 - Oavsett utfallet av analysen: Utvärdera resultatet och diskutera underliggande antaganden

18. Scenarier och riskanalys

Scenarier och riskanalys

- val av scenarier

- SKB:s metod är i huvudsak i överensstämmelse med SSI:s och SKI:s föreskrifter
 - huvudscenario baserat på referensinitialtillstånd/-utveckling som täcker in alternativa utvecklingar
 - ytterligare scenarier för att illustrerar osäkerheter i referensutveckling
- Nyutvecklade metodik och terminologi bör förklaras bättre
 - t.ex. inte helt lätt att följa "top-down"- analysen av olika vägar som leder till överträdelser av funktionsindikatorer i kap. 12
 - Dock bra sammanfattning av scenarioanalyserna

Scenarier och riskanalys

- roll av funktionsindikatorer

- Funktionsindikatorer bra utgångspunkt för val av scenarier
- Andra faktorer kan behöva beaktas för att övertyga om fullständighet, t.ex.
 - alternativa händelse- och tidsförlopp
 - t.ex. klimatperioders längd
 - gradvis överlappande felfunktioner
 - t.ex. buffererosion + ökad diffusivitet, lägre svälltryck, mikrober
 - avvikelser i initialtillstånd m.a.p. tillverkning, hantering, drift
 - iteration med extra kontroll av betydelse av uteslutna processer (ackumulerade effekter)
 - t.ex. buffertomvandlingar, glacialt syre, buffertfrysning

Scenarier och riskanalys

- hantering av klimat

- Weichsel acceptabel utgångspunkt för huvudscenariot
- Växthusvariant bra som reellt alternativ till klimatudveckling
- Diskussion om alternativa klimatsekvenser/tidsutdräkter bör förstärkas (SSI FS 2005:5, SKIFS 2002:1)
 - LDF för längre längre interglacial än 20 ka
 - perioder med höga inflöden av glaciala smältvatten Case B – för mer än en glaciationscykel i korrosionsscenario
- Dock bra känslighetsanalyser/what-if-scenarier
 - buffertfrysning, istjocklek för isostatisk kollaps

Scenarier och riskanalys

- mänsklig påverkan

- Redovisning behövs som underlag för diskussion om motåtgärder (BAT), påverkan på skyddsförmåga, dos till inträngare
- De viktiga typerna indelade i THMC-kategorier förefaller vara identifierade
 - illustrerande beräkningsfall bör utökas
- Vissa skillnader i synsätt mellan myndigheterna
 - myndigheterna återkommer med vägledning inom det fortsatta samrådet

Scenarier och riskanalys

- Risksummering

- SKB:s metod för att summera riskbidrag är i överensstämmelse med SSI FS 2005:5
 - redovisning av risk som funktion av tid samt bra illustrationer av riskutspädning
- Hafsigt redovisning av sista viktiga steget av dos/riskberäkningen för korrosionsscenarioet
 - ej korrekt redovisning av risk som funktion av tid
 - oklara antaganden kring medelvärdesbildning av buffererosion över tid



Microsoft
PowerPoint-presentati

Scenarier och riskanalys

- konstruktionsstyrande fall

- Krav enligt SKIFS 2002:1
 - ska ge underlag för konstruktionsförutsättningar och krav på barriärfunktioner, t.ex. materialval, dimensionering, toleranser
- Bra fall för isostatisk- och skjuvlast i SR-Can
- Fall för buffert/allmänkorrosion av koppar bör utvecklas
 - advektions/korrosionsscenarioet dominerar riskbilden
 - kunskapsunderlag för bufferterosion behöver förbättras
 - diskussion av möjliga motåtgärder är också del av optimering/BAT i SSI FS 2005:5

19. Redovisning av kravoppfyllelse

Redovisning av kravuppfyllelse 1(4)

- myndigheternas granskning

- Sammanläggning SKI-SSI: behov av att fram samsyn om tillämpning av föreskrifter
 - preliminära synpunkter i granskningsrapporten
- Myndigheterna är inställda på en fortsatt dialog inom ramen för samrådet
- Myndigheterna planerar workshop 2009 om argument för kravuppfyllelse

Redovisning av kravuppfyllelse 2(4)

- preliminära synpunkter (Kap. 13, TR 06-09)

- Bra med systematisk genomgång av föreskriftskrav (app. A)
- Bra uppdelning i tidsperioder
 - argument mot tidiga utsläpp bör förstärkas
 - mer pedagogisk diskussion kring förvarets öde efter 1 Ma
- Koppling mellan antaget initialtillstånd och kvalitetsarbete under genomförande av slutförvarsprogrammet bör stärkas inför SR-Site

Redovisning av kravuppfyllelse 3(4)

- preliminära synpunkter (Kap. 13, TR 06-09)

- Slutsatser om uppfyllelse av riskkriterium efter 100 Ka bör kompletteras med fylligare redovisning av BAT för att visa att möjliga förbättringsåtgärder beaktats
- Bra med redovisning av återkoppling till tillverkning, design, PLU och R&D
 - otydligt om konkreta åtgärder för att reducera kritiska osäkerheter i DFN-modeller och respektavstånd
 - svag diskussion om utvecklingsbehov av biosfärsmodeller
- Tunn diskussion om svagheter och utvecklingsbehov hos SA-metodiken

Redovisning av kravuppfyllelse 4(4)

- Lång "att-göra-lista" inför SR-Site!

Glacial hydrologi
Nedträngning av syre på
förvarsdjup under
glaciation
Permafrost, taliks
Frysning av återfyllning
Liquefaction
Modeller för up-coning
och avsänkning
Hydromodellosäkerheter s.
562
Buffererosion
Processen termisk
spjälkning samt effekter av
termisk spjälkning

Modellering av återmättnad,
bentonitvandling
Kumulativa effekter av
skalv/skjuvning, skalv med
 $M > 6$
Probabilistisk analys av
skjuvning av kapsel och ev.
fullskaleförsök,
parameterosäkerheter i
skjuvlastfall
Konceptet med equivalent
flowrate Q_{eq} i
deponeringshål (inkl.
experiment)
Acceptanskriterier för
deponeringshål

Betydelse av pluggar,
förslutningsåtgärder,
bottenplatta,
Kopparkryp
Ny transient modell för
radionuklidtransport
Radium medfällning
med barium
Biosfär: känslighet för
olika kombinationer av
landskapsobjekt,
kolflödesmodeller för
terrestra objekt
Metoder för att bedöma
miljöpåverkan (s. 590)

20. Sammanfattande bedömning

Sammanfattande bedömning

- SR-Can: Ett stort steg framåt jämfört med tidigare säkerhetsanalyser och i huvudsak en bra utgångspunkt för SR-Site
 - bättre och mera fullständig metodik
 - ökad realism (platsdata, data tekniska barriärer)
 - fullständigare och mer integrerad modellering (klimatförändringar inklusive barriärernas påverkan, nya processkunskaper)
- SR-Can hade dock inte varit tillräcklig som underlag för ansökan
 - Granskning fokuserar på förbättringsbehov

Huvudbudskap

- Säkerhetsanalysmetodik i stora delar acceptabel och i enlighet med föreskrifter
- Behov av bättre kvalitetssäkring
- Det behövs bättre kunskap och mer kvalificerad analys av nyckelprocesser
- Underlag som bättre motiverar en realistisk beskrivning av förvarets initiala tillstånd
- Tydligare redovisning kring initial utveckling och hanteringen av vissa välkända frågor

1.1 Säkerhetsanalysmetodik

- 10 stegs metodik bra men bör kompletteras med slutlig iteration
- Behov av mer samlad beskrivning och motivering av valda metoder
- Säkerhetsfunktioner och funktionsindikatorer är bra men bör vidareutvecklas (fullständighet, motivering av gränsvärden, hantering av säkerhetsmarginaler)
- Bra struktur av dokument inom SR-Can men nivå 2 dokument (processrapporter m.m.) behöver bli bättre (detaljeringsgrad, konsistens, spårbarhet ovs.)
- Bra uppdelning i olika tidsskalor

1.2 Säkerhetsanalysmetodik

- Bra metodik för systembeskrivning (FEP hantering, AMF, processtabeller, influenstabeller)
- Principer för val av scenarier OK, men mera arbete med kombinationer av skadliga processer och utveckling i tiden
- Flera beräkningsfall som illustrerar mänskligt intrång och mänskliga handlingar
- Klimatutveckling hanteras på ett bra sätt men viss ytterligare analys av osäkerheter
- Metoder för säkerhets- och känslighetsanalys på plats men behov av mer systematiskt angreppssätt

1.3 Säkerhetsanalysmetodik

- LDF för närvarande ej trovärdig pga. bristfällig hantering av utspädning och transportprocesser
- Metoder för riskberäkning och risksummering i enlighet med föreskrifter
- BAT/Optimering: mera utförlig redovisning kring möjligheter att förbättra barriärfunktioner
- Konstruktionsstyrande fall: mera utförlig redovisning, samtliga fall sannolikt inte identifierade (buffererosion/kopparkorrosion, hantering av kapsel)
- Konstruktionsförutsättningar är f.n. ofullständiga
 - belastningskombinationer, förekomstfrekvenser, acceptanskriterier och säkerhetsmarginaler.

2.1 Behov av bättre kvalitetssäkring

- Användning av expertbedömningar (oklar användning av SR-Can team och externa experter)
- Problem med spårbarhet (ej referens, ej förklaring)
- Ej fullständigt "safety case" (ej hanterade frågor, inbyggda reservationer och förutsättningar som ej motiverats)
- I några fall motstridiga och/eller svårtolkade bedömningar
- SKB bör snarast ta fram ett kvalitetsprogram för SR-Site

2.2 Behov av bättre kvalitetssäkring

- Dokumentation av koder på god väg men ännu inte fullständigt
- Beskrivning av val av data: långt ifrån fullständig, ej helt spårbart och oklart vad som styr ambitionsnivå
- Trots brister har det varit möjligt att reproducera valda beräkningsresultat (med viss ytterligare information)
- Mera användning av vetenskapliga publikationer

3. Det behövs bättre kunskap och mer kvalificerad analys av vissa nyckelprocesser

- Mekanismer för korrosion och deformation av kopparkapsel: forskning, experiment och mera redovisning
 - Spänningskorrosion
 - Mikrobiellt inducerad korrosion
 - Kryp
- Mera kunskap om buffererosion: experiment, mekanismer, modellering
 - Behövs för trovärdig riskbedömning
 - Motivera utformning av barriärer (BAT/optimering)
- Styrka storskaliga hydromodeller och DFN
- Motivering av bränsleupplösning (spec. högutbränt bränsle)
- Biosfären: otillräcklig redovisning av processförståelse (anrikning, exponeringsvägar, utspädning)

4.realistisk beskrivning av förvarets initiala tillstånd:

- Kapselredovisningen ger en bra grund, men mera arbete med väldefinierade frågor
- Specifikationen av buffert och återfyllning ligger långt efter
 - dock mera oklart vad som krävs
- Urvalskriterier för deponeringshål ger potentiellt stor påverkan på säkerhet/strålskydd. Dessa är otillräckligt specificerade
- All information kan inte vara framme vid ansökan men det behövs en rimligt detaljerad beskrivning av vilka procedurer som skall användas för att få fram information under konstruktions och driftfasen

5. ... Tydligare redovisning kring tidiga utsläpp och hanteringen av vissa välkända frågor

- Det behövs en utförligare redovisning kring risken för tidiga utsläpp
 - SSI:s föreskrifter kräver mer detaljerad redovisning för första 1000 åren
 - Störst krav på robusta barriärer under den period som bränslet är som farligast
 - Mera utvecklade resonemang kring multipla barriärfunktioner behövs för att kunna övertygande argumentera för inga tidiga utsläpp
- Redovisning kring vissa välkända frågor behöver förtydligas
 - Intrångsfrågor, kolloider, mikrober, kriticitet