

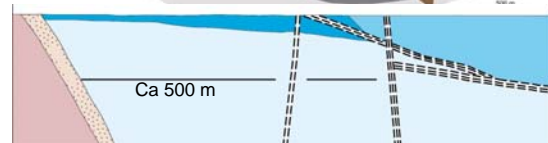
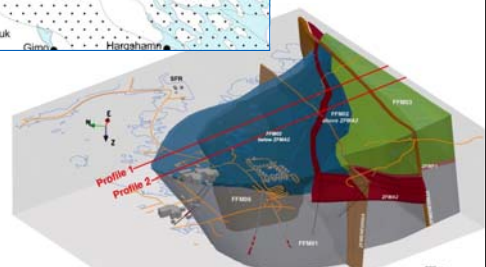
# SKB:s replik på synpunkter från MKG m fl om lokalisering av Kärnbränsleförvaret



## SKB har valt Forsmark

Berget i Forsmark ger betydligt bättre förutsättningar för ett långsiktigt säkert förvar och underlättar genomförandet

- Berget är homogent och har få vattenförande sprickor på förvarsdjup
  - **Grundvattenflödet mkt lågt i majoriteten av deponeringshålen**
  - Förvaret placeras i den så kallade "tektoniska linsen" som omges av större sprickzoner
  - Grundvattnets sammansättning är fördelaktig (t ex salthalt, sulfid) och bergets låga vattengenomsläpplighet gör att sammansättningen påverkas mindre t ex under en istid
- Hög värmeledningsförmåga ger ett förvar som tar mindre plats. Mindre mängd bergmassor uppstår och mindre mängd material krävs för återfyllning
- Mindre förvar medför också lägre kostnader
- Höga bergspänningar finns – bedöms vara hanterbara
- Hög vattengenomsläpplighet i det yttnära berget (<100 m) påverkar bygge av ramp och schakt men inte säkerhet efter förslutning



## Frågor som tagits upp av MKG

### ***Vilka urvalskriterier som är viktigast för långsiktig säkerhet vid lokaliseringen, betydelse av inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregionalt grundvattenflöde och risk för intrång av saltvatten i slutförvaret***

Frågor som hanterats i tidigare/andra repliker

- *Elöverföringskablar till Finland och läckströmmar.* Behandlas i replik om korrosion.
- *Stabilitet under en istid, inverkan och lägen av geotektonisk skjuv-/deformationszon med större rörelser och risker för jordbävningar under en istid.* Behandlas i replik om frågor kopplade till geologi och seismisitet.
- *Naturvärden –* avhandlas vid huvudförhandlingen i Östhammar.
- *Om det torra berget i Forsmark skulle vara dåligt för funktionen av barriärerna (kopparkapsel och lerbuffert).* Behandlas i replik om bentonitfrågor.

### ***Vilka urvalskriterier som är viktigast för långsiktig säkerhet vid lokaliseringen, betydelse av inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregionalt grundvattenflöde och risk för intrång av saltvatten i slutförvaret***

MKG

- *Är det viktigare att slutförvaret blir säkert än att det eventuellt läcker lite långsammare om det relativt snabbt börjar läcka på grund av att barriärerna av koppar och lera inte fungerar?*
- *Är valet av avstånd mellan större sprickor som urvalskriterium det viktigaste?*
- *Inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregionalt grundvattenflöde (Hultsfred) kan ge en bättre långsiktig miljösäkerhet när det börjar läcka.*
- *"Det kan ta 50 000 år eller mer för radioaktiva ämnen från ett läckande slutförvar att nå människa och miljö vid en bra inlandslokalisering. Vid kusten kan det gå på hundra år."*

Professor K-I Åhäll

- *Om sökanden följt sina offentligt redovisade kriterier för platsvalet.*
- *Om sökanden använt hydrogeologi som ett lokaliseringsverktyg för att optimera säkerheten genom att eftersöka områden med långa och långsamma flödesvägar mellan förvarsområdet och grundvattnets utströmningsområden.*
- *Varför sökanden bara har valt kandidatplatser i kustzonen trots att den karakteriseras av korta flödesvägar mellan förvaret och till såväl lokala som regionala utströmningsområden.*
- *SKB:s val av platser för platsundersökning: (SKB:s motiv för bortvalet av Hultsfred, betydelsen av gabbro mm).*
- *Risken för uppträngning av mycket salt grundvatten (sk "brine").*

## De urvalskriterier som användes vid lokaliseringen

### Grundvattenströmning (Bilaga PV 6.2.4)

- Hydrogeologiska förhållanden, speciellt frekvens av och genomsläpplighet hos vattenförande sprickor, styr grundvattenströmningen i försvarsvolymen.
- Dessa förhållanden påverkar direkt förutsättningarna för transport av lösta ämnen till och från bufferten och **därmed också buffertens och kapselns funktion** och, om kapseln skadats, hur mycket radioaktivitet som kan frigöras från det använda kärnbränslet och via grundvattnet spridas vidare.
- Det är generellt fördelaktigt med en låg frekvens av vattenförande sprickor, liksom att sprickorna har låg vattengenomsläpplighet, eftersom dessa egenskaper leder till att grundvattenflödet blir litet.
- Inom säkerhetsanalysen beräknas mer specifika mått, det så kallade transportmotståndet, F, och det så kallade ekvivalenta flödet, Qeq som tillåter kvantitativa värderingar och jämförelser. Höga transportmotstånd och låga ekvivalenta flöden är fördelaktigt.

### Grundvattnets sammansättning (Bilaga PV 6.2.5)

- Grundvattnets nuvarande och framtida sammansättning har stor betydelse för säkerheten.
- Det gäller främst ämnen som påverkar kapseln och bufferten, såsom salthalt, redoxförhållanden (om det finns risk för löst syre i grundvatten) samt halter av andra ämnen som kan **inverka skadligt på buffert eller kapsel**.

## Vilka urvalskriterier som är viktigast för långsiktig säkerhet vid lokaliseringen

### Säkerhetsfunktioner för inneslutning – geosfär (SR-Site 8.3.4)

- R1. Tillhandahålla kemiskt gynnsamma förhållanden
  - Grundvattnets salthalt får varken vara för hög eller för låg
    - Den totala laddningskoncentrationen av kationer måste vara högre än 4 mM
    - Grundvatten med mycket höga jonstyrkor skulle kunna ha negativ påverkan på buffertens svälltryck om salthalten överstiger 100 g/l (1,7 M NaCl)
  - Redox, sulfid, pH
- R2. Tillhandahålla gynnsamma hydrogeologiska och transportrelaterade förhållanden
  - a) Ett högt flödesrelaterat transportmotstånd, F, i flödesvägar (sammanbundna sprickor) från markytan ner till förvaret och i flödesvägar som leder bort från förvaret
    - Beror (förenklat) på grundvattenflödet och transportvägens längd.
    - Grundvattenflödet beror på den hydrauliska gradienten och vattengenomsläppligheten
  - b) Låg ekvivalent flödes hastighet i gränssytan mellan buffert och berg, Qeq
    - Beror på grundvattenflödet
- R3. Tillhandahålla mekaniskt stabila förhållanden
- R4. Tillhandahålla gynnsamma termiska förhållanden

Säkerhetsfunktionerna R1 och R2 bidrar också till för fördröjning (SR-Site 8.4.5)

**De platsvalsfaktorer SKB har valt fokuserar helt på platsens förmåga att bidra till inneslutning!**

## Betydelse av inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregionalt grundvattenflöde

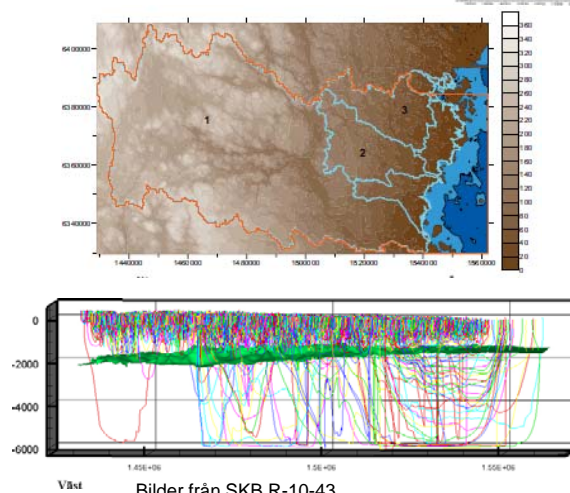
SKB har genomfört flera olika studier (Se bilaga PV avsnitt 8.2.8)

- Leijon 1998 (SKB R-98-16)
  - Översiktlig utredning av för- och nackdelar med att förlägga slutförvaret till norra respektive södra Sverige, samt vid kusten respektive i inlandet
  - Slutsatsen var att dessa geografiska faktorer inte har någon avgörande betydelse
- Ericsson m fl 2005 (SKB R-06-64)
  - Utvärderade betydelsen av olika förenklingar och osäkerheter vid modellering av grundvattenströmning i regional skala genom att analysera regionala flödesförhållanden i östra Småland
  - Slutsatser, se nästa bild
  - Studien granskades gemensamt av dåvarande SKI och SSI
- Ericsson och Holmén 2010 (SKB R-10-43)
  - Kompletterande studier baserat på SKI:s och SSI:s granskning av Eriksson m fl (2005)
  - Konfirmerade slutsatserna i den första studien

## Betydelse av inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregionalt grundvattenflöde

Slutsatser från SKB:s analyser (Bilaga PV 8.2.8 och Bilaga K:2 avsnitt 2.1.5)

- Huvuddelen av den grundvattencirkulation som berör försvarsdjup sker inom lokala flödesceller.
- Andelen storregionala flödesceller är mycket liten även i inlandet.
- Gynnsamma flödesförhållanden (små flöden, långa genombrotstider) tenderar att geografiskt korrelera med bergarter med låg konduktivitet.
- Lokala variationer i vattengenomsläpplighet (som bara kan bestämmas vid platsundersökningar) påverkar flödets storlek och fördelning i betydligt större grad än de variationer av systemparametrar som analyserades inom ramen för studien.
- Gäller även områden i Hultsfred och öster därom.

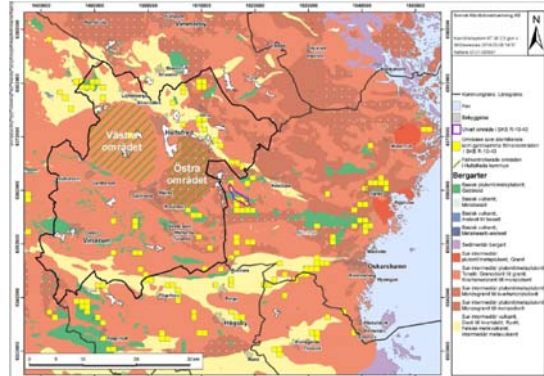


Bilder från SKB R-10-43

## Lokalisering i Hultsfred och områden straxt öster om Hultsfred (K:2. 2.1.5)

Baserat på den tidigare studien (SKB R-06-64) identifierades 198 "gynnsamma försvarsområden" med en yta av vardera en kvadratkilometer.

- Ett område öster om Hultsfred uppfyllde kriterierna längsta flödestiderna, minsta flödena och längsta flödesvägarna eftersom
  - Vattengenomsläppligheten i det utvalda området i modellen givits en genomsnittlig genomsläpplighet som är cirka en tio gånger lägre än omgivande bergart eftersom den dominerande bergarten är gabbro
  - Vidare är de regionalt styrande gradienterna vid det utvalda området relativt omgivningen lägre
- Osäkra regionala indata
  - Genomsläpplighet för gabbro som satts till  $2,6 \cdot 10^{-8}$  m/s baserat på ytliga brunnndata för denna bergart i det regionala området
  - För Laxemarområdet, som består av olika typer av smålandsgranit har en genomsläpplighet av  $1,6 \cdot 10^{-7}$  m/s använts, baserat på uppmätta värden från cirka 20 djupa borrhål
- Kan heller inte uteslutas att grundvattnet på försvarsdjup kan ha låg jonstyrka (sött grundvatten)



Figur 2.1, bilaga K2

## Gabbro, se bilaga K:2 avsnitt 2.1.5

- Skillnaderna i hydraulisk konduktivitet mellan gabbro och granit har varit kända sedan lång tid.
- Det gjordes tidigt studier om gabbro kunde vara särskilt lämplig bergart att förlägga ett slutförvar i (sammanfattning i SKB TR-92-25).
- Slutsatsen var att det finns potentiella fördelar avseende hydrologiska och kemiska faktorer men att andra faktorer talade mot gabbro.
- Svårt att finna kroppar av gabbro som var tillräckligt stora för att rymma ett slutförvar.
  - Möjliga kroppar av gabbro behöver ha en utbredning på åtminstone 11–15 kvadratkilometer för att det ska vara sannolikt att de har ett djupgående på 1 000 meter - dubbla försvarsdjupet.
  - Gabbro har lägre värmeledningsförmåga än granit vilket medför att ett förvar blir större i gabbro jämfört med granit.
- Vid värdering av en plats behöver man även beakta att gabbro har en högre malmpotential jämfört med granit, vilket i detta sammanhang är mindre önskvärt.



Gabbroförekomster större än 20 km<sup>2</sup> (TR-92-25)

## Betydelse av inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregionalt grundvattenflöde

- Det går inte att påvisa att inlandslägen skulle ge några uppenbara strålsäkerhetsmässiga fördelar i förhållande till kustnära lägen.
  - Huvudskälet är att undersökningar och analyser har visat att lokala förhållanden, främst berggrundens vattengenomsläpplighet, är avgörande för om en plats är lämplig för ett slutförvar, med avseende på grundvattenströmning.
  - Lågt grundvattenflöde – inte flödesvägarnas längd – är viktigare för att bevara buffert och kapsel.
  - Låg salthalt för platser över högsta kustlinjen kan innebära problem.
- Hindrar inte att grundvattenströmningen från ett förvarsläge i inlandet kan innefatta regionala komponenter som kännetecknas av långa och långsamma strömningsvägar.
  - Gäller dock inte alla flödesvägar – även en plats med några långa vägar kommer i regel även ha många snabba (och korta) vägar.
  - Inte möjligt att med rimliga insatser verifiera sådana förhållanden, med tillräcklig tillförlitlighet, för att de ska kunna tillskrivas någon säkerhetsfunktion för ett slutförvar.
  - Flödesvägarna kan dessutom ändras vid ändrat klimat.

## Urval av platser för platsundersökning

### Hultsfred

- Vid val av områden för platsundersökningar konstaterade SKB att det inte var möjligt att rangordna mellan lokaliseringalternativen ur bedömningsgrunden långsiktig säkerhet eftersom data saknades från förvarsdjup.
- SKB ville försäkra sig om att det fanns en geologisk bredd bland de områden som valdes.
- Eftersom området "Hultsfred östra" består av liknande berggrund (smålandsgranit) som alternativen i Oskarshamn, som bedömdes ha tydliga fördelar ur etablerings- och samhällssynpunkt, menade SKB att tillföra "Hultsfred östra" inte skulle erbjuda några uppenbara fördelar ur aspekten geologisk bredd.
- Inte heller den regionala grundvattenflödesmodelleringen visar på uppenbara fördelar då inget av de 198 områden som identifierats som gynnsamma "förvarsområden" från flödesmodelleringen är belägna inom området "Hultsfred östra" och endast ett inom "Hultsfred västra" (se tidigare figur).

### Älvkarleby

- Valdes bort av SKB inför platsundersökningarna.



## Risk för och betydelse av uppträngning av mycket salt grundvatten

Betydelsen av salt för bentonitens svälltryck redovisas i SR-Site kapitel 5

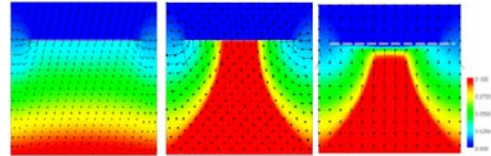
- Vid vald buffertdensitet har salthalt upp till cirka 6 % ytterst liten effekt
- En salthalt på cirka 17 % sänker svälltycket något, men inte så att det påverkar funktionen
- Effekten av saltvatten är reversibel

Risk för uppträngning av salt grundvatten till ett förvar?

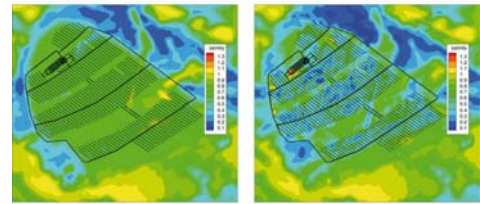
- Beror på om det finns sprickzoner som förbinder förvaret med nivåer med salt grundvatten på djupet, hur genomsläppliga dessa är och hur lång tid förvaret är öppet
- Uppträngningen reverseras när pumpningen upphör

Risk för uppträngning av salt grundvatten i Forsmark?

- Få observationer av salt grundvatten pga ytterst få vattenförande sprickor på djupet (högsta uppmätta salthalten 2 % på 820 m djup)
- Vi ser inga indikationer på mycket vattengenomsläppliga sprickzoner på eller under förvarsdjup
- Vår analys visar att salthalten i regel sjunker när förvaret dräneras (bättre kontakt med ytan än med det djupa berget)
- Om det (mot förmodan) finns mycket vattengenomsläppliga zoner som förbinder förvaret med salt grundvatten sker uppträngningen bara i dessa zoner. Deponeringshålen påverkas inte



Figur 4 och 5 i SSM 2013.28 aktbilaga 599



Del av figur 5-13 i SKB R-09-19

## Slutsatser

- SKB:s platsval grundar sig på fundamentala faktorer som bidrar till långsiktig säkerhet och i synnerhet på faktorer som bidrar till buffertens och kapselns stabilitet. Dessa faktorer fastlades i inledningen (förstudier Fud 92 och förtydligt i Fud 92,5) av lokaliseringsprocessen och precisades ytterligare inför platsundersökningskedet (Fud-K år 2000).
- Det går inte att påvisa att inlandslägen skulle ge några uppenbara strålsäkerhetsmässiga fördelar i förhållande till kustnära lägen. Huvudskälet är att undersökningar och analyser har visat att lokala förhållanden, främst berggrundens vattengenomsläpplighet, är avgörande för om en plats är lämplig för ett slutförvar, med avseende på grundvattenströmning.
- Risk för uppträngning av salt grundvatten i Forsmark är mycket liten. Skulle vatten med höga salthalter, mot förmodan, nå ett deponeringshål blir ändå påverkan begränsad. Vidare, när förvaret inte längre dräneras kommer salthalten att sjunka och därmed upphör påverkan på buffertens svälltryck.