

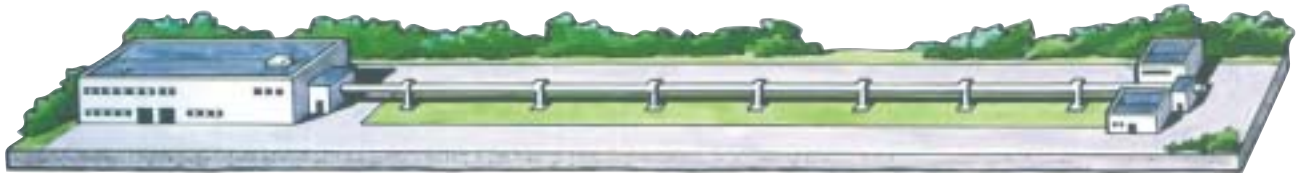
Transmutation

Transmutation är en oprövad teknik som ännu bara finns som idéskisser och som kräver en nysatsning på kärnteknik.

Transmutation (kräver upparbetning)

Långlivade radioaktiva ämnen omvandlas till kortlivade eller stabila ämnen.

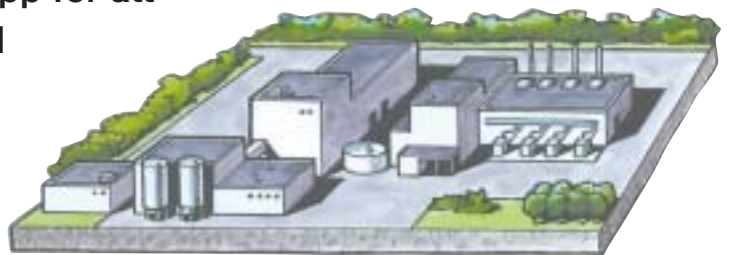
- mängden långlivat avfall minskar avsevärt
- tar inte bort behovet av ett slutförvar
- en förutsättning för transmutation är att det använda kärnbränslet upparbetas först



Upparbetning

Det använda kärnbränslet löses upp för att komma åt de ämnen som man vill transmutera.

- frigör radioaktiva ämnen som annars är hårt bundna till bränslet
- långlivade ämnen separeras från kortlivade och stabila



Övervakad lagring

Övervakad lagring strider mot svensk lag om slutligt omhändertagande samt mot internationella överenskommelser om att kärnavfallet inte får belasta kommande generationer.



Våta lager

Bränslet lagras i bassänger där vattnet ger strålskydd och kylning.

- krav på el- och vattenförsörjning samt regelbunden övervakning

Torra lager

Bränsle förvaras i speciella byggnader eller utomhus i speciella luftkylda behållare som skyddar mot strålning.

- måste övervakas och kontrolleras regelbundet

DRD – Dry Rock Deposit

Behållare med bränsle placeras i ett självdränerande bergum cirka femtio meter ner i berget.

- behovet av övervakning bedöms likvärdigt med torrlagring

Andra alternativa metoder

Det finns alternativa metoder som skulle kunna vara genomförbara ur säkerhetssynpunkt. Dessa är dock förknippade med stora nackdelar.

Rymden

Utskjutning i rymden mot solen.

- frågetecken kring risker, internationella överenskommelser, återtag m m
- kräver stora resurser i form av raketbränsle för utskjutningen

Inlandsis

Använt kärnbränsle placeras i kapslar i inlandsisar. När detta så småningom når havet, späds radioaktiviteten kraftigt ut i vattnet.

- osäkerheter kring framtida klimatförändringar
- går inte att genomföra inom landets gränser
- strider mot internationella överenskommelser
- svårt att återta

Hav och havsbotten

Bränslet deponeras i stabila bottensediment. Eventuella utsläpp av radioaktiva ämnen späds till låga koncentrationer i den stora vattenvolymen.

- strider mot internationella överenskommelser
- svårt att återta



Varianter av geologisk deponering

KBS-3

- avfallet kapslas in i kopparkapslar med gjutjärnsinsats och deponeras på 400–700 meters djup i berggrunden
- kapseln bäddas in i bentonitlera
- barriärer hindrar avfallet från att komma i kontakt med grundvattnet

Mycket långa tunnlar

- material och säkerhetsprinciper samma som för KBS-3
- långa, horisontella tunnlar (cirka 5 km) på 400–700 meters djup
- större kapsel och horisontell placering av kapslarna
- långa tunnlar innebär svårigheter med arbetsmiljö och teknisk utformning

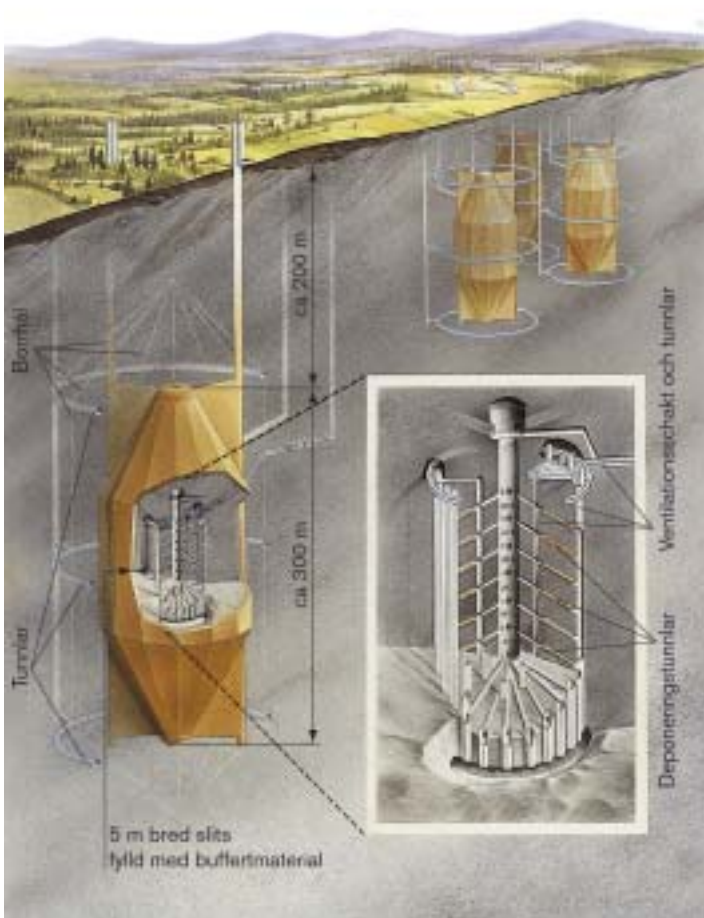
WP-Cave

- deponering i begränsad bergvolym med flera våningar av tunnlar på 200–500 meters djup
- berget omges helt av en buffert och en hydraulisk bur som minskar vattenomsättningen
- gör förvaret mindre beroende av bergets egenskaper
- kräver ett öppet förvar och luftkyllning under en inledande period av cirka 100 år

Djupa borrhål

- cirka 4 000 meter djupa borrhål
- kapslarna deponeras ovanpå varandra i borrhålet på ett djup mellan 2 000 och 4 000 meters djup och omges av en buffert
- svårigheter rörande hanteringssäkerhet
- deponering på djup där grundvattenutbyte med ytan är begränsat
- buffert och kapsel kan inte förväntas förbli intakta: säkerheten vilar på berget

WP-Cave



Djupa borrhål



KBS-3-metoden

Metoden kräver ingen framtida övervakning. Bränslet skyddas av flera barriärer, som bygger på naturliga, stabila material. Så länge kapseln är tät kan inga radioaktiva ämnen komma ut i omgivningen. Metoden har utvecklats under 25 år och kommer att utvecklas i flera år till. Framtida generationer har möjlighet att återta avfallet. Huvuddelarna i slutförvarskonceptet är:

Anläggning ovan jord

- byggnader för lager, kontor, verkstad m m, samt ev upplag av bergmassor
- byggnaderna kan rivas och marken återställas efter avslutad deponering

Bränslet

- en hård keramik som är svårlös i vatten

Kopparkapseln

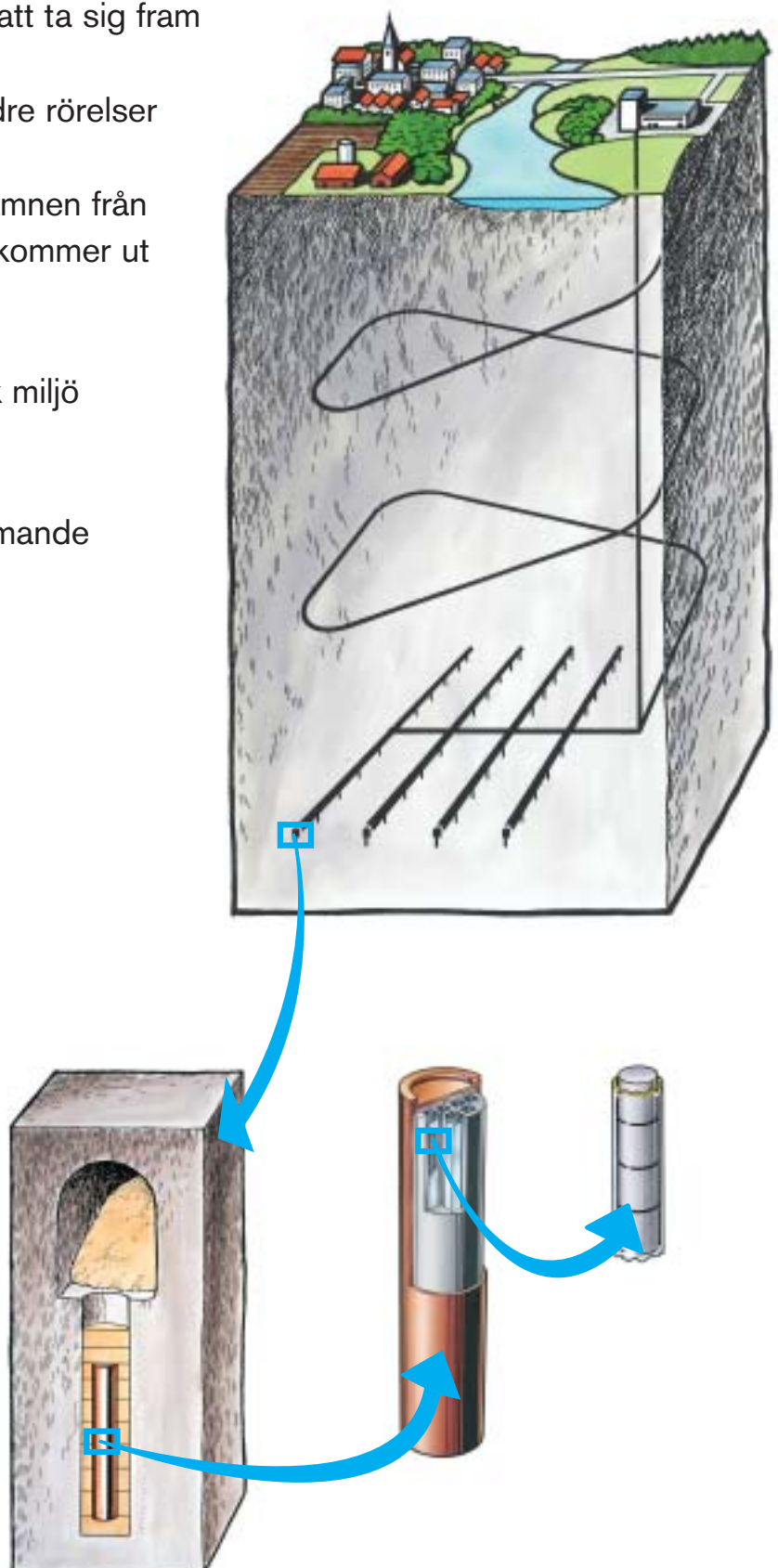
- kopparköljet skyddar mot korrosion
- insatsen av gjutjärn ger hög hållfasthet

Bentonitleran

- hindrar korrosiva ämnen att ta sig fram till kapseln
- skyddar kapseln vid mindre rörelser i berget
- fördröjer att radioaktiva ämnen från en eventuell otät kapsel kommer ut

Berget

- erbjuder en stabil kemisk miljö under mycket långa tider
- skyddar mot intrång
- djupet skyddar mot kommande istiders påverkan



Nollalternativ

– fortsatt lagring i Clab

Att fortsätta mellanlagringen en längre tid ...

... går det? Ja.

Om man regelbundet byter bergförstärkningar m m, kan lagringstiden förlängas till 100–200 år, men det kräver övervakning och underhåll (el- och vattenförsörjning).

... får man göra det? Nej.

Fortsatt mellanlagring på obestämd tid strider mot svensk lag om slutligt omhändertagande och mot internationella överenskommelser om att kärnavfallet inte får belasta kommande generationer.

Vad händer om mellanlagret överges ...

... inom 100 år?

- bränslet förångar så mycket vatten att de övre delarna hamnar över vattenytan efter någon månad
- bränslet kan skadas och följden bli lokala utsläpp av luftburen radioaktivitet

... efter mer än 250 år?

- inläckande grundvatten kompenserar det vatten som förångas
- spridning av radioaktivitet sker via grundvattnet

Om mellanlagret överges kommer det att vara svårt att återta kontrollen över anläggningen på grund av kontamination.

Vad talar för eller emot nollalternativet?

För:

Bättre teknik än dagens kan eventuellt utvecklas (framsteg görs löpande inom all utveckling).

Emot:

Det strider mot svensk lag om slutligt omhändertagande. Nu finns pengar, kompetens och engagemang att lösa frågan (framtiden är okänd och förknippad med många osäkerheter).



Inkapslings- anläggning

Efter att ha mellanlagrats i cirka 30 år ska bränslet kapslas in i täta kapslar och föras till slutförvaring ca 400–700 meter ner i berget. Färdiga kapslar levereras tillsammans med insats och kopparlock till inkapslingsanläggningen.

Inkapslingsanläggning vid Clab

Viktiga hanteringssteg är:

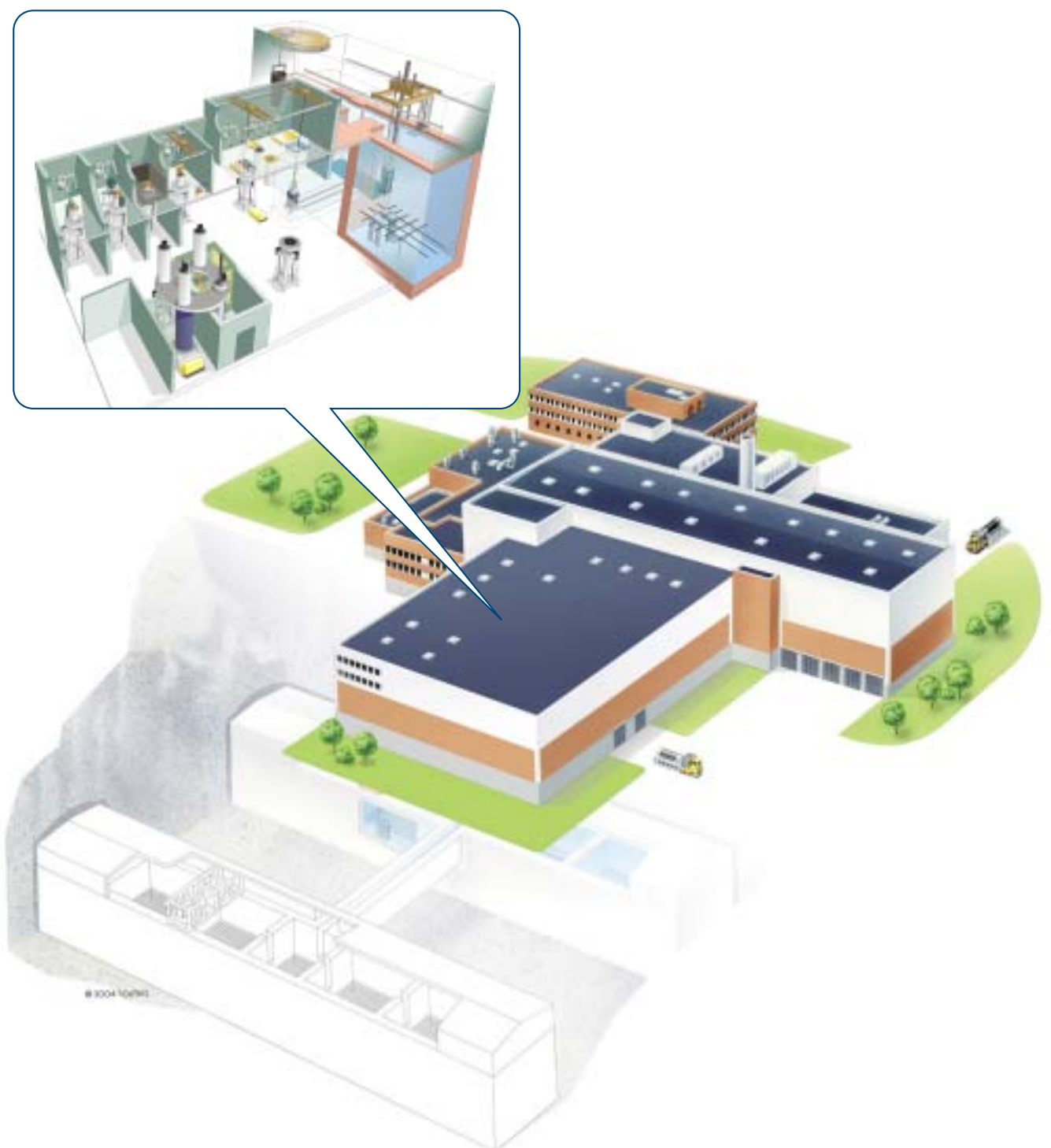
- bränsleelementen torkas
- en kopparkapsel fylls med bränsleelement
- kapselinsatsens stållock monteras och kopparlocket läggs på
- locket svetsas på och svetsens kvalitet kontrolleras
- kapseln placeras i en transportbehållare för vidare transport till slutförvaret

Inkapslingsanläggning i Forsmark

Viktiga hanteringssteg är:

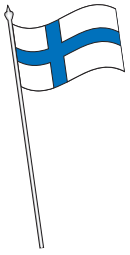
- bränsleelementen torkas och placeras i transportbehållare vid Clab
- behållaren förs med specialkonstruerat fartyg till Forsmarksverkets hamn
- behållaren lastas ur och kopparkapseln fylls med bränsleelement
- därefter, hantering enligt ovan

SKB:s förslag är att inkapslingsanläggningen byggs i anslutning till Clab oavsett lokalisering av slutförvaret. Forsmarksalternativet kan endast bli aktuellt om även slutförvaret lokaliseras dit.



Så tar andra länder hand om kärnavfall

Saltformationer, urberg, lerlager eller vulkaniska bergarter är olika miljöer som studeras för slutförvar beroende på vilka geologiska förhållanden som finns.



Finland

- samma typ av berggrund som i Sverige
- stora likheter med den svenska tekniska lösningen och omfattande tekniskt samarbete med SKB
- metod och lokalisering av slutförvaret är redan bestämt med kommunens samtycke (Euraåminne kommun) via principbeslut i riksdag och regering



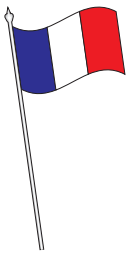
Tyskland

- mellanlagring vid kärnkraftverken innan det använda kärnbränslet skickas för upparbetning
- planer på slutförvar i saltformationer vid Gorleben ifrågasatta
- utredningar pågår om fortsatt process och urvalskriterier



Belgien

- planer på slutförvar i lera på några hundra meters djup
- undersökningar pågår av en lerformation i nordöstra Belgien
- ingen plats har utsetts för slutförvar



Frankrike

- använt kärnbränsle upparbetas mestadels, men en del bränsle kommer att direktdeponeras
- tre alternativ undersöks: deponering i berggrunden, transmutation och långtidsförvaring nära marknivån
- beslut om fortsatt inriktning väntas i franska parlamentet år 2006



Kanada

- slutförvar i granitiskt berg cirka 500 meter under markytan har studerats
- utredning om olika hanteringsstrategier pågår
- ingen plats har utsetts



USA

- regeringen har pekat ut Yucca Mountain i Nevada som slutförvarsort (vulkanisk bergart)
- process pågår mellan staten och delstaten som motsätter sig planerna
- förvaret placeras i berg, men minst 100 meter ovanför grundvattennivån
- deponering startar enligt planerna tidigast år 2010