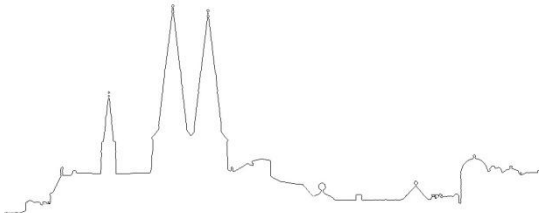


Några reflektioner kring BAT-begreppet

Lars Högberg

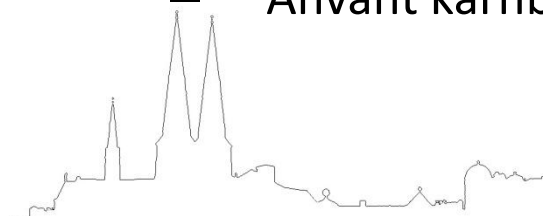


Lars Högberg
2010-11-17

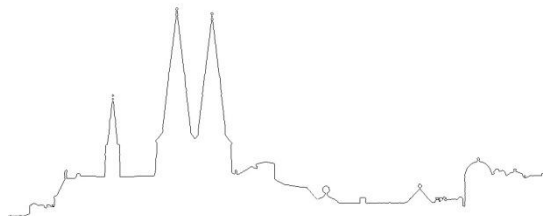
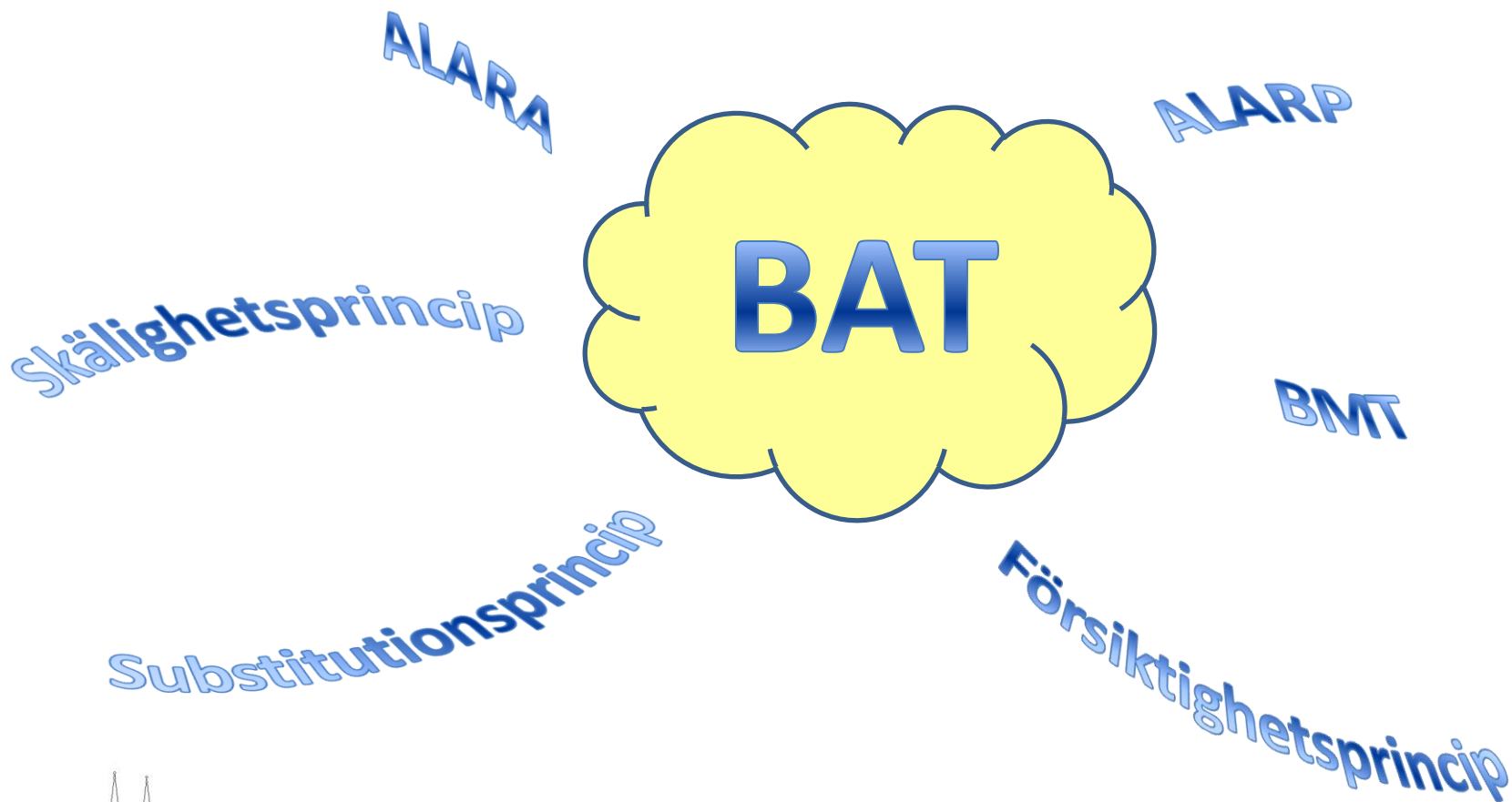
Kärnavfallsrådet
Swedish National Council for Nuclear Waste

Huvudpunkter

1. BAT och närliggande begrepp - bakgrund och syfte
2. Olika tillämpningsområden för BAT:
 - Strategiska val av tekniker och systemlösningar
 - Tillståndsprovning av specifika verksamheter och anläggningar
3. Faktorer att beakta vid BAT-bedömningar:
 - Resultat av säkerhetsanalyser.
 - Ekonomi
 - Samhälleliga/ etiska
4. Några tillämpningar av BAT på hantering av farligt avfall:
 - Kvicksilver
 - Använt kärnbränsle



BAT och närliggande begrepp

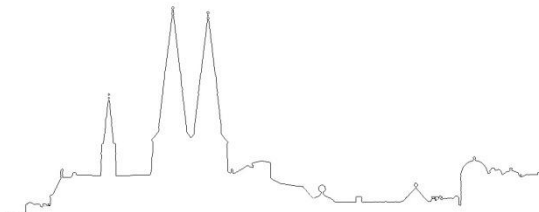


Försiktighetsprincipen

Skyddsåtgärder och försiktighetsmått ska vidtas *så snart det finns skäl att anta att* en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Vid yrkesmässig verksamhet ska användas *bästa möjliga teknik (BMT)*.

(För exakt lagtext, se miljöbalken 2 kap. 3 §)

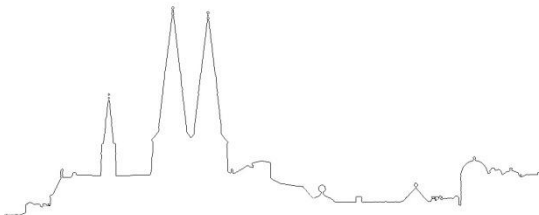


Substitutionsprincipen

Kan betraktas som ett specialfall av BAT:

Alla ska undvika att använda eller sälja sådana kemiska produkter eller biotekniska organismer som kan befaras medföra risker för människors hälsa eller miljön, om de kan ersättas med sådana produkter eller organismer som kan antas vara mindre farliga.

(För exakt lagtext, se miljöbalken 2 kap. 4 §)



Vad menas med BMT?

Förarbeten till miljöbalken (prop. 1997/98:45)

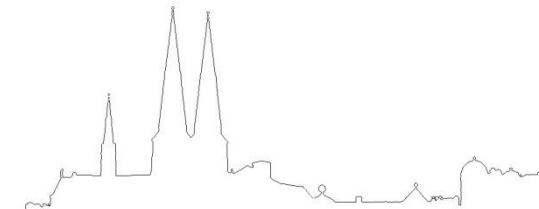
- Kravet på bästa möjliga teknik begränsas av att tekniken ska vara kommersiellt tillgänglig och inte bara förekomma på experimentstadiet.

Förarbeten till komplettering av miljöbalken (prop. 2001/02:65)

- BMT innefattar också krav på utveckling och anpassning av tekniker för en individuell tillämpning i de fall detta är möjligt.

EU direktiv 2008/1/EG

- Med *tillgänglig teknik* avses att tekniken ska ha utvecklats i sådan utsträckning att den kan tillämpas inom den berörda industribranschen på ett ekonomiskt och tekniskt genomförbart sätt och med beaktande av kostnader och nytta.

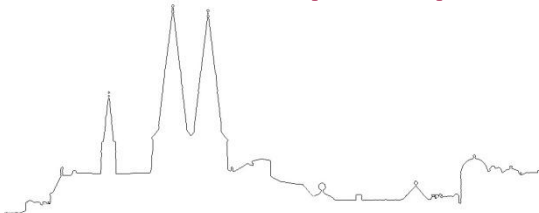


Skälighetsprincipen

- Kraven på BMT och andra försiktighetsmått gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla dem. Vid denna bedömning ska särskild hänsyn tas till nyttan av skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått jämfört med kostnaderna för sådana åtgärder.
- Dock ska de krav ställas som behövs för att följa en miljökvalitetsnorm.

(För exakt lagtext, se miljöbalken 2 kap. 7 §.)

Jfr ICRP:s princip om optimering av strålskydd



BMT och optimering av strålskydd (ALARA)

För 45 år sedan: ICRP Publ. 9, 1965:

Alla stråldoser bör hållas så låga som det gärna är möjligt [as low as readily achievable] med hänsyn till ekonomiska och sociala omständigheter.

Idag: SSMFS 2008:23:

Optimering av strålskydd definieras som begränsning av stråldoser till människor så långt detta rimligen kan göras med hänsyn tagen till såväl ekonomiska som samhälleliga faktorer.

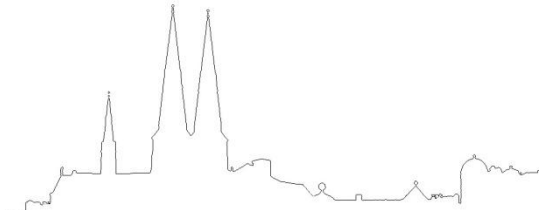
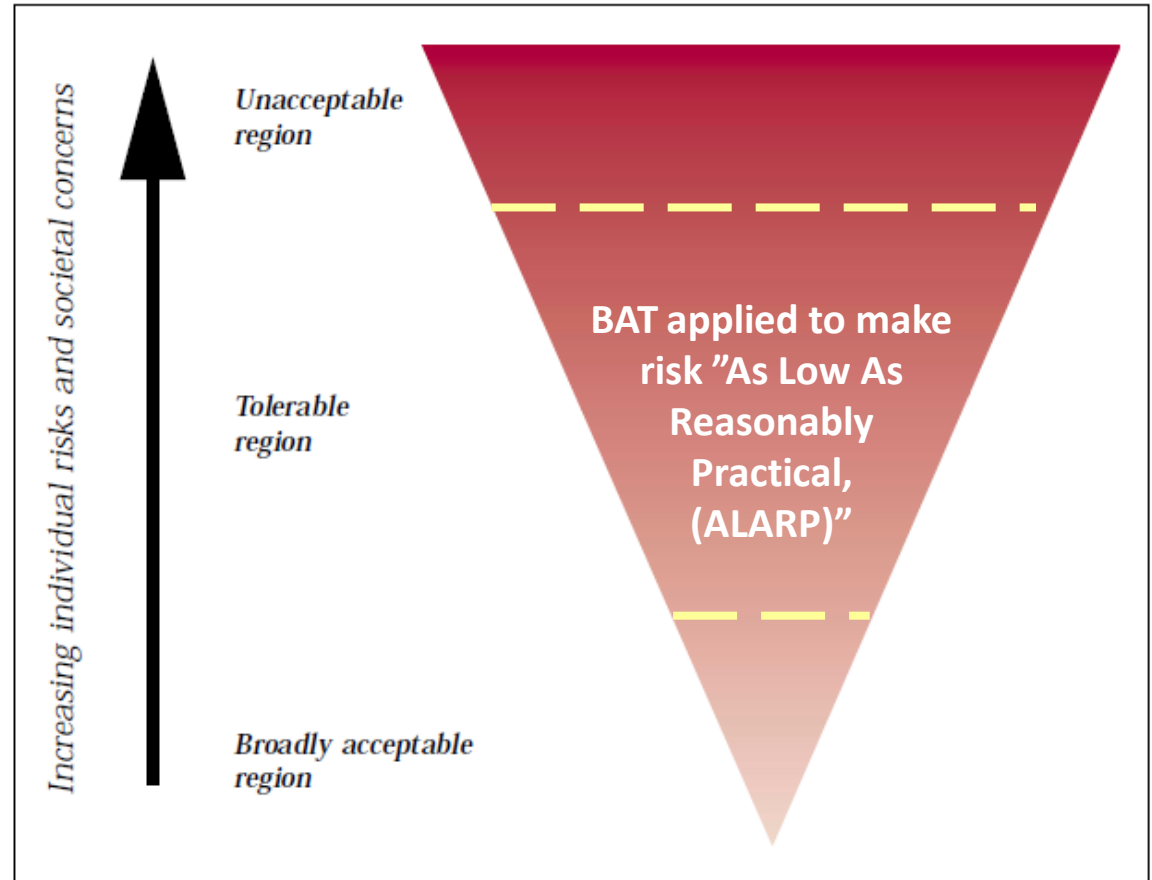
Optimeringen inriktar sig främst på individer och grupper, men kan uppnås bl.a. genom att strålkällor använder BAT.



I UK tillämpas "ALARP"

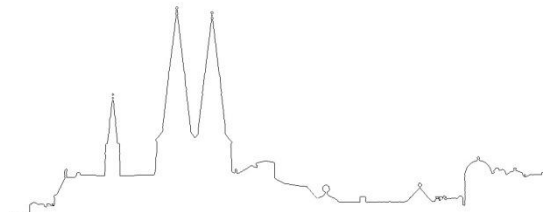
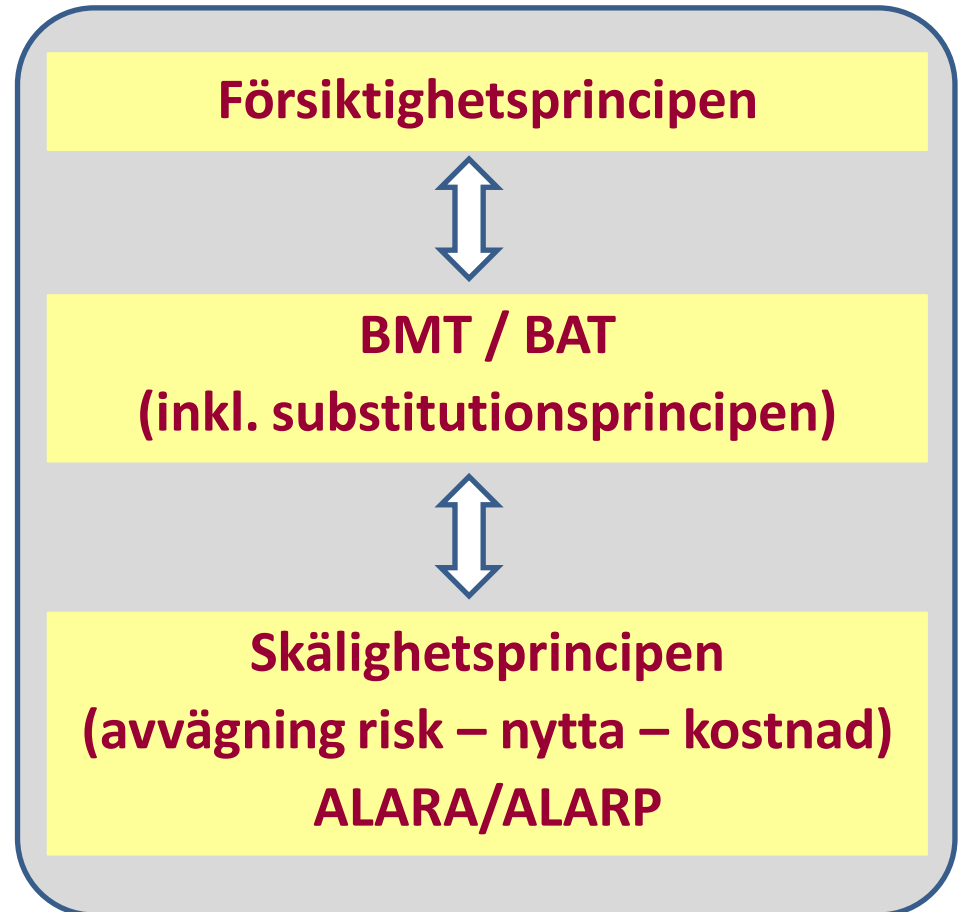
UK Health and Safety Executive:

Vid tillståndsprövning av verksamheter ska BAT tillämpas utifrån ett risk/nytta/kostnadsperspektiv (ALARP).



En uppsättning logiskt sammanhängande principer

- *Ingen avgörande skillnad mellan BMT och BAT i svensk lag och EU:s rättsakter.*
- *Principerna är juridiskt sammankopplade och kan inte tillämpas oberoende av varandra.*
- *Skälighetsbedömningar utgör "den springande punkten".*



BMT och teknikval på olika nivåer

Val av strategi för nationell
energiförsörjning

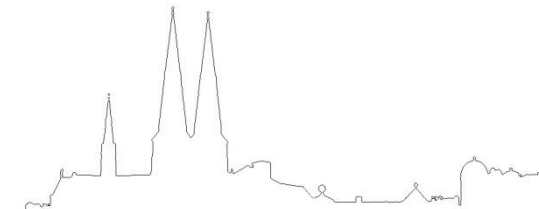


Val av strategi för
avfallshantering



Teknisk optimering av valda
lösningar för avfallshantering

*Ju högre nivå, desto
svårare och mer
komplicerad
optimering med
hänsyn till ekonomiska
och samhällsliga
faktorer.*



Val av strategi för avfallshantering - exempel

Släpp ut och späda ut

Mellanlagra i avvaktan på internationell teknikutveckling

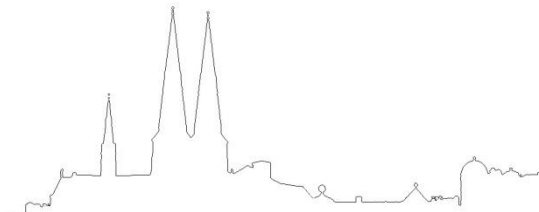
Behandla, paketera och deponera i ytnära förvar

Ex: SFR, SAKAB:s "limpor"

Behandla, paketera och deponera i djupa geologiska formationer

• Val av godtagbara strategier för hantering av olika typer av avfall styrs ofta av internationella och nationella rättsakter, beslutade i en politisk förhandlingsprocess efter olika teknisk/vetenskapliga och ekonomiska utredningar.

• I Sverige ingår valet av strategi också i tillåtlighetsprövningen.



Val av BMT inom ramen för vald hanteringsstrategi - exempel

Behandlingsteknik

Ex.: kemisk form

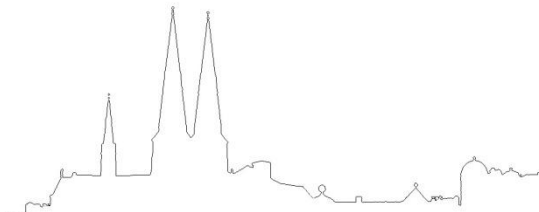
Paketeringsteknik

Deponiplatsens egenskaper

Ex: geologiska och hydrologiska förhållanden

Utformning av tekniska barriärer i deponin

- *Val av BMT på denna nivå prövas när tillstånd ska ges till en specifik anläggning.*
- *Teknikerna på de olika delområdena ska samverka i ett väl balanserat system.*



Faktorer att beakta vid en BMT-bedömning med hänsyn tagen till risk/kostnad/nytta

**Påverkan på människor och miljö
vid olika tekniklösningar**

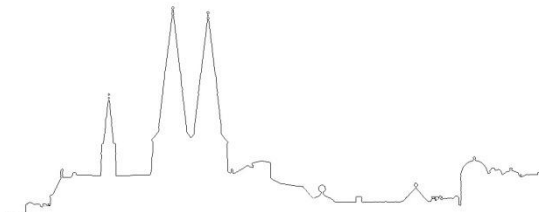
Miljö- och säkerhetsanalyser ska belysa påverkan vid normal drift och risker förknippade med störningar och haverier i olika tidsperspektiv.

Ekonomi

- Vad kostar olika lösningar?
- Kan berörda verksamheter/företag bära kostnaderna utan oskäliga konsekvenser för välfärd och sysselsättning?

Samhälleliga / etiska faktorer

- Tidsperspektiv: Vilka bördor läggs på kommande generationer?
- Övergivbarhet/återtagbarhet
- Fördelning av risker och konsekvenser lokalt/nationellt/globalt



Utmaningar för miljö- och säkerhetsanalyser av olika tekniklösningar

Vilka typer av påverkan och risker ska analyseras och så långt möjligt kvantifieras?

Vilka typer av händelser, förhållanden och processer ska beaktas – och i vilka tidsperspektiv?

Finns validerade vetenskapliga modeller och data för att beräkna olika typer av påverkan?

Är lösningarna robusta med avseende på olika typer av osäkerheter?

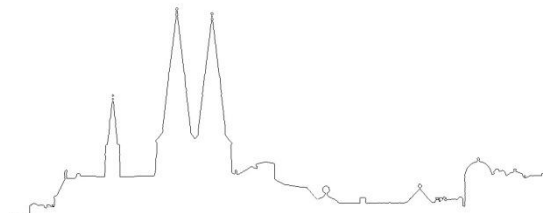
Vilka typer av utsläpp kan i första hand förväntas medföra allvarlig påverkan på människor och miljö?

Vilken grad av påverkan skulle kunna tolereras (om ALARP) och vilken är inte godtagbar?



Teckning: Åke Westin

Öppnar sig en avgrund av konsekvenser om beräkningsförutsättningarna ändras bara litet? ("cliff-edge effects")

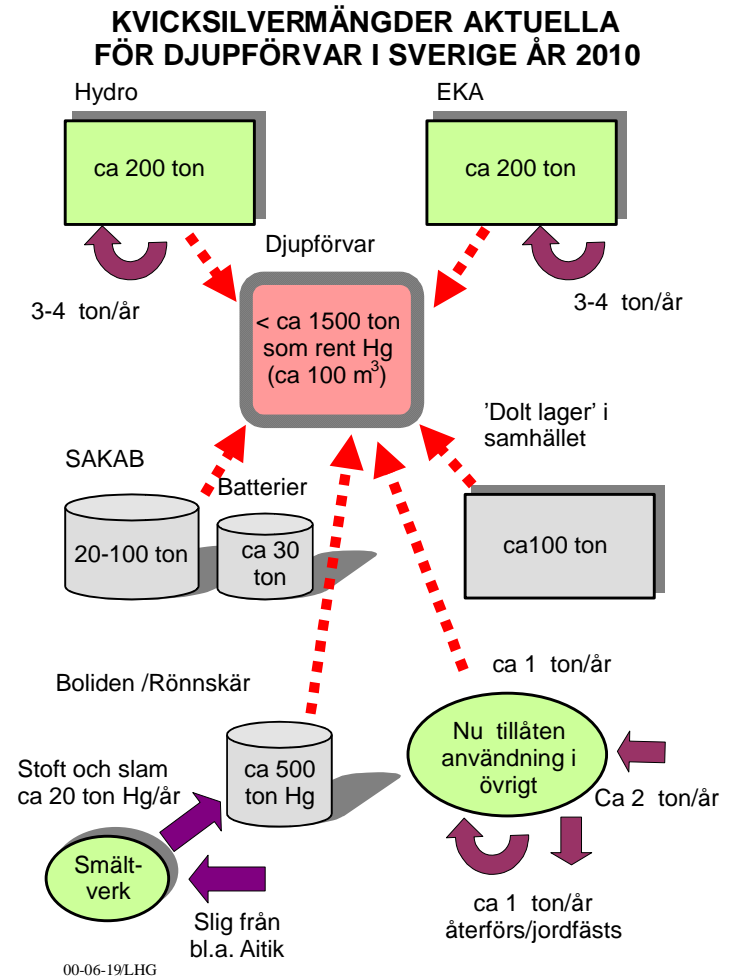


Exempel på BMT-bedömning

Kvicksilver i säkert förvar (SOU 2001:58)

Övergripande strategi för kvicksilver:

- Användning av kvicksilver fasas ut där miljövänligare teknik finns (batterier, termometrar, tandlagning....).
- Återstående användning sker så långt möjligt i slutna kretslopp (lysrör,
- Historiskt kvicksilveravfall samlas in och behandlas med sikte på säkert förvar, väl isolerat från biosfären.



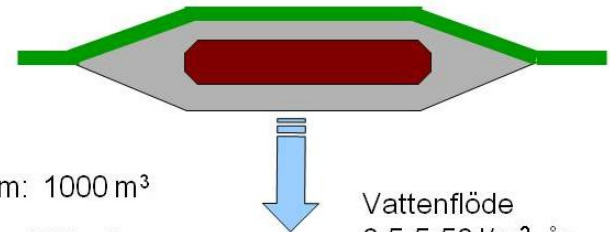
Exempel på BMT-bedömning

Säkert förvar av kvicksilveravfall (1)

Mål för skydd av hälsa och miljö

- *Eventuellt läckage av kvicksilver från förvar till brunn skall ge en kvicksilverhalt i dricksvatten som understiger en miljondels gram per liter ($1 \mu\text{g/l}$).*
- *Eventuellt läckage av kvicksilver från förvar till vattendrag skall understiga 0,5-10 g/år för att skydda näringsfattiga sjöar.*
- *Bördor skall inte läggas på kommande generationer för att upprätthålla skyddsnivån. Målet är ett i möjligaste mån underhållsfritt förvar som isolerar kvicksilvret från biosfären under mycket långa tidsrymder (mer än 1000 år).*

Högklassig markdeponi



Total förvarsvolym: 1000 m^3

Genomflödad yta: 500 m^2

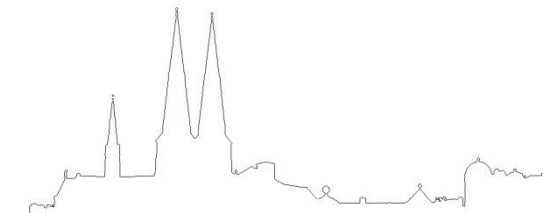
Totalt flöde: $250\text{-}25\,000 \text{ l/år}$

Löslighet: $1\text{-}40 \text{ mg/l p.g.a.}$
med tiden ökande
syrehalt i vattnet

Utflöde Hg: $250 \text{ mg-}1 \text{ kg/år}$

Vattenflöde
 $0,5\text{-}5\text{-}50 \text{ l/m}^2, \text{ år}$
(i tidsperspektivet
 $0\text{-}100\text{-}1000\text{år}$)
beroende på
försämrad funktion
hos tätande skikt

Uppskattad förvarskostnad: ca 750 kr/ton
Behandlingskostnader tillkommer



Exempel på BMT-bedömning

Säkert förvar av kvicksilveravfall (2)

Mål för skydd av hälsa och miljö

- *Eventuellt läckage av kvicksilver från förvar till brunn skall ge en kvicksilverhalt i dricksvatten som understiger en miljondels gram per liter ($1 \mu\text{g/l}$).*
- *Eventuellt läckage av kvicksilver från förvar till vattendrag skall understiga 0,5-10 g/år för att skydda näringsfattiga sjöar.*
- *Bördor skall inte läggas på kommande generationer för att upprätthålla skyddsnivån. Målet är ett i möjligaste mån underhållsfritt förvar som isolerar kvicksilvret från biosfären under mycket långa tidsrymder (mer än 1000 år).*

Djupförvar i berg

Total förvarsvolym: 1000 m^3

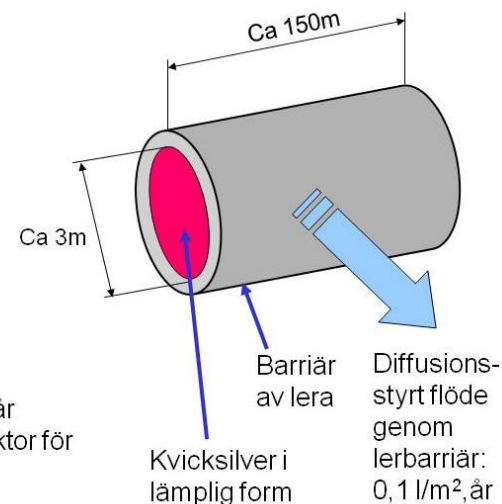
Genomflödad yta: 500 m^2

Totalt flöde genom avfallsvolymen: 50 l/år

Löslighet: $< 0,1 \text{ mg/l}$

Utflöde Hg: $< 5 \text{ mg/år}$

Vattenuttag i brunn: $> 10\,000 \text{ l/år}$
($> 30 \text{ l/dygn}$) ger utspädningsfaktor för dricksvatten



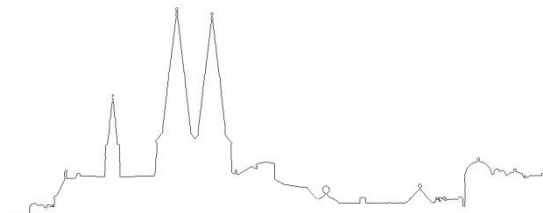
Uppskattade förvarskostnader:

Tysk saltgruva: ca 3000 kr/ton

Befintlig svensk gruva: ca 10000 – 50000 kr/ton (beroende på samutnyttjande för annat farligt avfall)

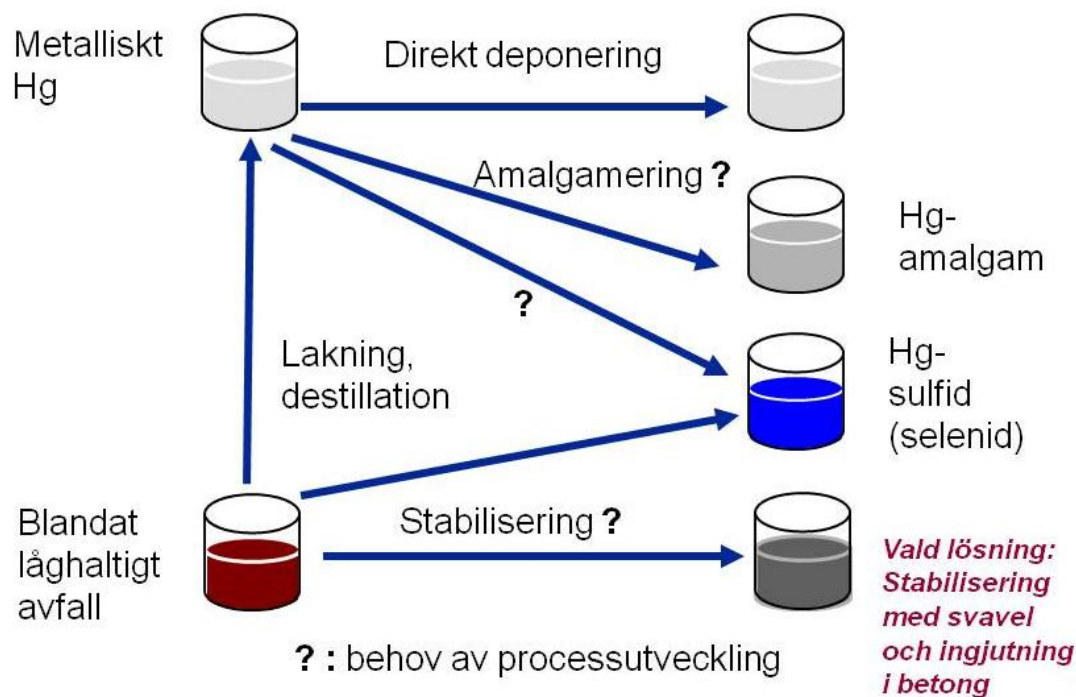
Helt nytt djupförvar: ca 150 000 kr/ton

Behandlingskostnader tillkommer



Exempel på BMT-bedömning

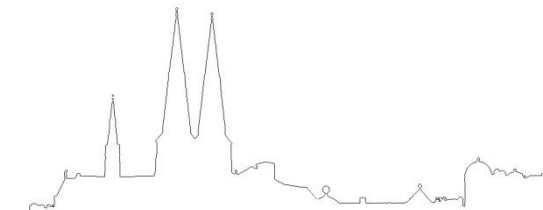
Säkert förvar av kvicksilveravfall - behandlingsalternativ



➤ Flera behandlingsmetoder kräver utvecklingsinsatser för tillämpning i industriell skala.

➤ Uppskattade behandlingskostnader: upp till ca 20000 kr/ton, beroende på metod (lägst vid direkt deponering).

➤ Behandlingskostnader kan bli av samma storleksordning eller t.o.m. högre än deponeringskostnaden.



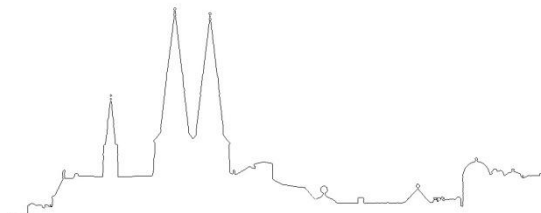
Exempel på BMT-bedömning

Säkert förvar av kvicksilveravfall (3)

Gällande EU-förordning (1102/2008)
(införlivad i avfallsförordningen SFS 2001:1063, 21c §)

- *Metalliskt kvicksilver får, i lämplig inneslutning, slutförvaras i saltgruvor eller i djupa urbergsformationer som ger en likvärdig säkerhetsnivå.*
- *Tillstånd för sådana anläggningar ska innehålla krav på regelbundna okulärbesiktningar av behållare och krav på utrustning för detektion av kvicksilverånga för att upptäcka eventuella läckor.*
- *Kommissionen ska organisera erfarenhetsutbyte och följa pågående forskning och på grundval härav lägga fram förslag till översyn av förordningen senast 2013.*

Temporär "ALARP"-bedömning med hänsyn till kostnader, eller...?



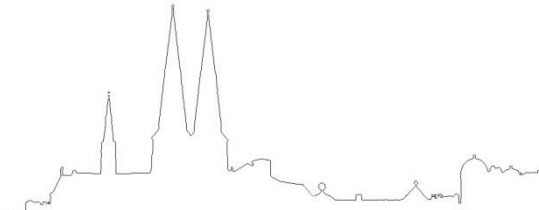
Exempel på BMT och teknikutveckling

Säkert omhändertagande av använt kärnbränsle (1)

1972-76

AKA-utredningen (SOU 1976:30) föreslår strategi:

- Upparbetning förordas för att ta tillvara energiresursen i det använda bränslet, men teknik för direkt deponering möjlig att utveckla.
- Deponering bör ske i svenskt urberg.
- Kärnkraftproducenterna har det primära ansvaret och ska bära samtliga kostnader, inkl. FoU för metod- och teknikutveckling. Medel ska fonderas för framtida kostnader.
- Lagstiftning och myndighetstillsyn på kärnavfallsområdet preciseras.



Exempel på BMT och teknikutveckling

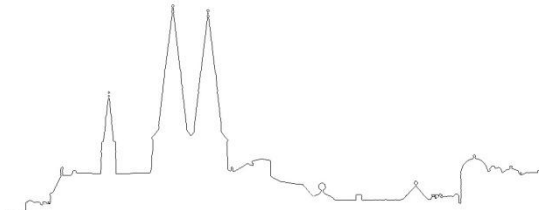
Säkert omhändertagande av använt kärnbränsle (2)

1980-talet

- Upparbetning väljs bort av ekonomiska skäl och icke-spridningsskäl (omfattande plutoniumhantering).
- KBS-3 godtas i regeringsbeslut om starttillstånd för F3 och O3 som en möjlig metod för säker slutförvaring av använt kärnbränsle (men kräver fortsatt teknikutveckling).

Ny kärntekniklag:

- Innehavare av kärnkraftreaktorer ska upprätta ett allsidigt FUD-program för att kunna fullgöra sina skyldigheter rörande säkert omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall.
- Programmet ska redovisas och myndighetsgranskas vart tredje år varvid villkor får ställas upp rörande den fortsatta FUD-verksamheten.

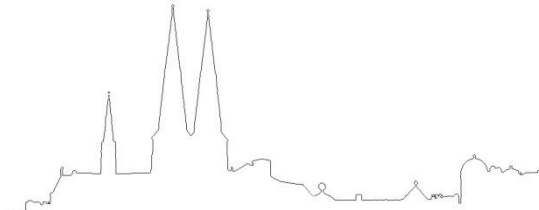


Exempel på BMT och teknikutveckling

Säkert omhändertagande av använt kärnbränsle (3)

1980-talet
och
1990-talet

- Djupförvar i stabila geologiska formationer vinner internationell acceptans som BMT. Metoder och modeller för säkerhetsanalyser genomgår internationella expertgranskningar.
- SKB driver KBS-3 som huvudspår i sitt FUD-program med stora insatser på utveckling och validering av erforderlig teknik, bl.a. berglaboratoriet i Äspö och kapsellaboratoriet i Oskarshamn.
- SKB redovisar även översiktliga studier av alternativa metoder för djupförvar, delvis som resultat av utfallet av granskningarna av FUD-programmet vart tredje år.
- Myndigheter och regering anser att FUD-programmet uppfyller kraven i kärntekniklagen.

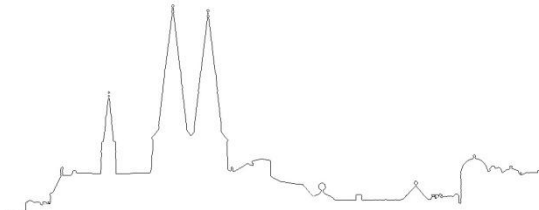


Exempel på BMT och teknikutveckling

Säkert omhändertagande av använt kärnbränsle (4)

1980-talet
och
1990-talet

- Kärnavfallsrådets föregångare belyser i symposier och rapporter en rad nyckelfrågor relaterade till risk, acceptans, metodval och beslutsprocess, inkl. etiska aspekter på ansvaret gentemot kommande generationer.
- Tillsynsmyndigheterna preciserar sina strålsäkerhetskrav på ett djupförvar:
 - optimering ska ske av strålskyddet och hänsyn tas till BMT
 - förvaret ska utformas så att årlig individuell risk blir högst 10^{-6} för representativ individ i utsatt grupp – motsvarar ca $10 \mu\text{Sv}/\text{år}$.
 - kvalitetskrav på säkerhetsanalyserna i olika tidsperspektiv.
- Miljölagstiftningen inför allmänna krav på BMT samt redovisning av alternativa utformningar med motivering av valt alternativ.

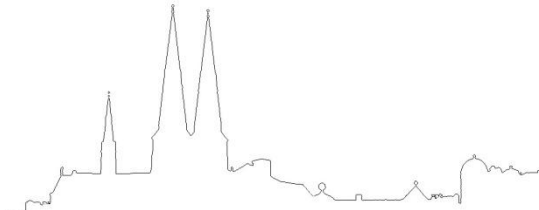


Exempel på BMT och teknikutveckling

Säkert omhändertagande av använt kärnbränsle (5)

2000-talet

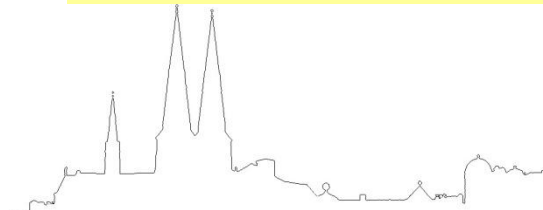
- Regeringen bedömer i november 2001 att SKB bör använda KBS-3-metoden som planeringsförutsättning för kommande detaljerade platsundersökningar – nödvändigt för att de ska bli meningsfulla.
- Regeringen pekar samtidigt på att SKB måste fortsätta att bevaka teknikutvecklingen i fråga om olika alternativa metoder.
- Regeringen understryker också att ett slutligt godkännande av viss metod för slutförvaring inte kan göras förrän vid ställningstagandet till framtida ansökningar om tillstånd att uppföra ett slutförvar.
- Kärnavfallsrådet fortsätter med symposier om alternativ.
- SKB förbereder ansökan om djupförvar i Forsmark.



Exempel på BMT och teknikutveckling Säkert omhändertagande av använt kärnbränsle (6)

Mina egna avslutande synpunkter

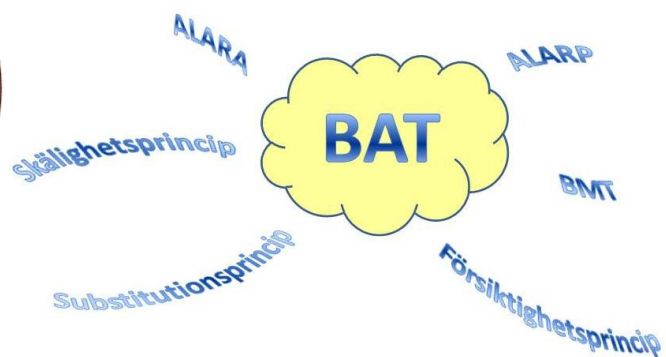
- Vi kan se tillbaka på snart 40 år av strategi- och metodutveckling med en tillhörande öppen granskningsprocess. SKB har, utifrån det ansvar de har enligt kärntekniklagen, satsat huvuddelen av resurserna på den metod de anser bäst lämpad för svenska förhållanden.
- ***Några nyckelkriterier för metodvalet enligt min mening:***
 - ✓ **Hög och så långt möjligt validerad strålsäkerhet enligt myndighetskrav.**
 - ✓ **Inga oskäligena bördor eller bindningar för kommande generationer:**
 - Framtida kostnader kan uppskattas i rimlig grad så att pengar kan fonderas
 - Inkapslingsanläggning och förvar i drift under nuvarande reaktors livstid
 - Möjlighet till såväl övergivbarhet som övervakning och återtagning – varje generation ska kunna fatta sina egna beslut under sitt eget ansvar.
- Hur mycket mer tid och pengar är det mot ovanstående bakgrund rimligt att satsa på utveckling och validering av alternativa metoder utifrån ett BMT/ALARP-perspektiv? Är det skäligt att kräva att SKB utvecklar flera metoder?



Tack för att ni lyssnade!



Kvicksilverfontän
Alexander Calder, 1937
Fundació Joan Miró, Barcelona



Centrallagret för använt kärnbränsle (CLAB)

