

# **LCA, EPD och uranbrytning**

- En studie av LCA och EPDs relevans för bedömning av miljökonsekvenser vid uranbrytning

Boberg, P., Christiansson, A., Kaikkonen, J., Schnoor, T.

Handledare: Lars Hansson, Håkan Rodhe

Industriell miljöekonomi för miljövetare vt –05

<b>1 SYFTE</b> .....	<b>3</b>
<b>2 METOD</b> .....	<b>4</b>
<b>3 BRYTNING AV URAN</b> .....	<b>4</b>
3.1 Traditionell gruvdrift.....	5
3.2 In-Situ Leaching .....	6
3.3 Uranverk.....	7
3.4 Avfall från uranverk.....	8
<b>4 LCA OCH EPD</b> .....	<b>9</b>
4.1 Vad är en LCA? .....	9
4.2 Vad är en EPD?.....	10
<b>5 SVENSKA ENERGIBOLAG OCH URAN</b> .....	<b>11</b>
5.1 Sydkrafts LCA.....	11
5.2 Vattenfall EPD.....	12
<b>6 EXTERNE 1995</b> .....	<b>14</b>
<b>7 DISKUSSION</b> .....	<b>15</b>
7.1 Brytning.....	15
7.2 Sydkrafts LCA.....	17
7.3 Vattenfalls EPD.....	19
7.4 ISO 14025 och 14040 seriens relevans för miljöarbete.....	20
7.5 ExternE.....	21
<b>8 SLUTSATSER</b> .....	<b>21</b>
<b>9 KÄLLOR</b> .....	<b>23</b>
<b>BILAGA 1:</b> .....	<b>24</b>
<b>BILAGA 2:</b> .....	<b>24</b>
<b>BILAGA 2:</b> .....	<b>25</b>
<b>BILAGA 3:</b> .....	<b>26</b>

## Sammanfattning

Vi har gjort en litteraturstudie om hur Sydkrafts LCA ifrån 1999 och Vattenfalls EPD ifrån 2004 beskriver de miljöproblem som finns i anslutning till uranbrytning för bränsle i svenska kärnkraftsverk. Studien syftar till att undersöka dels om den enskilda LCA:n och EPD:n behandlar miljöproblematiken på ett uttömmande sätt men vi har även diskuterat ifall ISO serierna 14025 och 14040 för LCA och EPD är effektiva verktyg för att bedöma den totala miljöpåverkan från uranbrytning. ExternE utredningen angående kärnkraften i Europa har studerats som ett exempel på externa kostnader av uranbrytning. För att kunna diskutera miljöproblematik rörande uranbrytning beskrivs brytningsteknik, extraktion och avfallsdeponi.

Vi har kommit fram till att både LCA:n och EPD:n har en ofullständig beskrivning av de miljökonsekvenser som kan orsakas av toxiska och radioaktiva emissioner från gruvdriften. Vi anser även att det saknas en uttömmande beskrivning av hur stora riskerna är och hur stora emissionerna skulle kunna bli vid eventuella olyckor och tillbud. Det saknas dessutom en uttömmande beskrivning av de lokala förutsättningarna, vilka har stor betydelse för hur miljöpåverkan och effekter på människors hälsa kan bli vid emissioner av toxiska och radioaktiva ämnen. Dessutom saknas det ett tidsperspektiv vilket är viktigt eftersom en stor del av miljöpåverkan och olyckor kan ske efter att gruvan har stängts. Certifieringen ställer inte heller några krav på insyn för andra än certifieringsföretaget, vilket gör det svårt för utomstående att bedöma kvalitén på uppgifterna. Vi kan därför inte anse att ISO serierna 14025 och 14040 är effektiva verktyg för bedömning av påverkan på miljö och människors hälsa vid uranbrytning.

## 1 Syfte

25 år efter folkomröstningen där det beslutades att avveckla kärnkraften lever debatten om dess existens vidare. Kärnkraften har i samhället förvandlats från den stora arvsskulden till att framställas som en lösning på den alltmer uppmärksammade klimatförändringen. Dess stora styrka anses vara de små utsläppen av växthusgaser per producerad kWh jämfört med den föråldrade kolkraften. Debatter i samhället fokuserar gärna och ofta just på klimataspekten, medan andra delar av kärnkraftens livscykel verkar mer förbisedda. Slutförvaring och risken för olyckor är två aspekter som tidigare var i centrum för debatter, men som numer verkar ha fallit i glömska.

Detta arbete skall behandla en annan till vardags mer osynlig del av detta energislag, nämligen brytningen av det uran som används som bränsle i svenska reaktorer. Sverige importerar idag allt det uran som används för energiproduktion. Är detta pga att vi saknar uranfyndigheter i Sveriges berggrund? Svaret är nej. Faktum är att i Ranstadsverket (närheten av Skövde) bröts 200 ton uran mellan 1965–1969, men verksamheten lades ner pga olönsamhet. Under oljekrisen bedömdes dock verksamheten kunna bedrivas med lönsamhet, men denna gång stoppades projektet genom ett kommunalt veto efter kraftig lokal opinion.

Arbetet vill undersöka uranbrytningens miljöpåverkan mer i detalj för att undersöka om kärnkraftens akilleshäla ligger där långt ute i ödemarken i områden som inte är främst till för människor, eller om denna brytning kan anses vara ofarlig. Syftet med denna genomgång blir därför att besvara följande frågor:

- Hur går brytningen av detta mineral till och hur påverkar brytningen omgivningen?

- Är livscykelanalyser och miljövarudeklarationer ett verktyg som klarar att bedöma brytningens konsekvenser?
- Vilka externa kostnader är förknippade med uranbrytning enligt ExternE?

Frågan om varför vi inte längre bryter uran i Sverige överlåter vi åt läsaren att besvara.

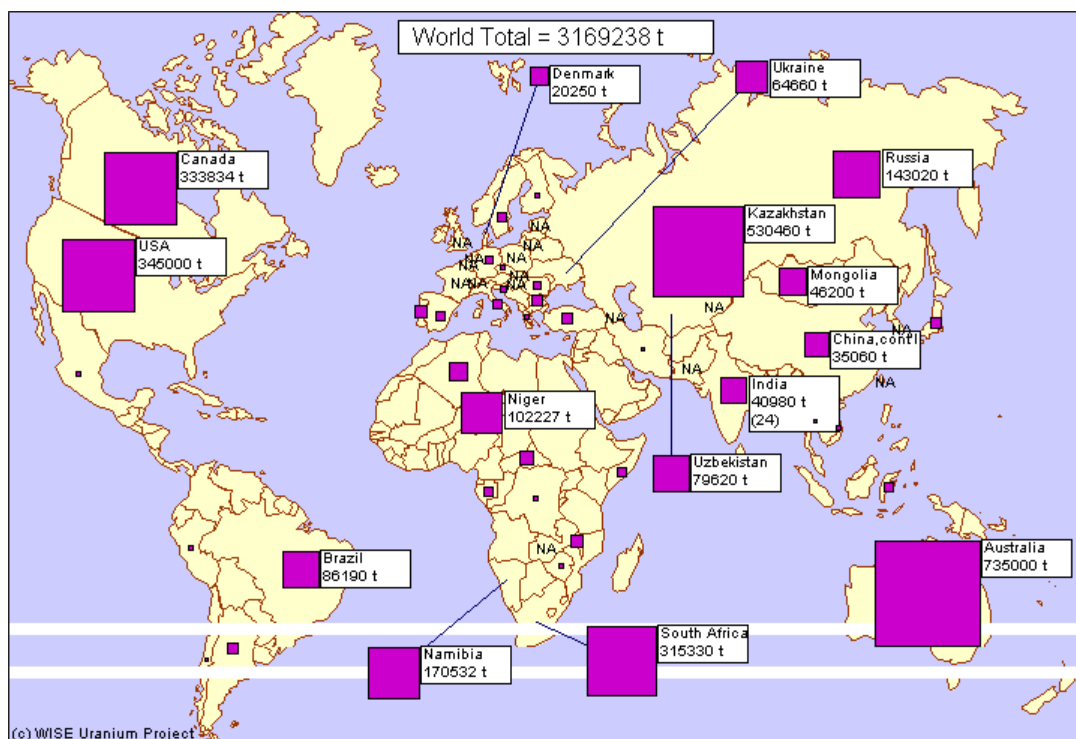
## 2 Metod

Arbetet kommer att använda sig av litteraturgranskning som huvudsakligt verktyg. De vanligaste metoderna för att bryta uran kommer att beskrivas och skillnader mellan dem kommer att jämföras. Livscykelanalyser (LCA) och miljövarudeklarationer (EPD) rörande kärnkraft upprättade av Vattenfall och Sydkraft kommer att beskrivas och den i dessa angivna miljöpåverkan från uranbrytning kommer att jämföras med studier utförda inom olika sektorer och NGO:s. ISO standarderna för LCA och EPD kommer att diskuteras. Intervjuer med personal inom energisektorn kommer att genomföras. EU:s utredning "ExternE" angående kärnkraftens externa effekter kommer också att behandlas kort.

Gruppen kommer endast att behandla den del av kärnbränslecykeln som sker på brytningsplatsen, dvs själva brytningen och malmens omvandling till sk. "yellow cake". Denna gränsdragning är gjord eftersom det är i detta led vi har funnit minst information i de analyser som gjorts av olika företag inom sektorn.

## 3 Brytning av uran

Uran finns i berggrunden på många olika platser i jordskorpan. Det anses vara ungefär lika vanligt förekommande som tenn och ca 500 ggr vanligare än guld (World Nuclear Association, benämns i fortsättningen WNA). Den genomsnittliga halten av uran i jordskorpan är ca 4 g/ton (Goldstick, 1991). Koncentrationen från plats till plats skiftar dock



Figur 1 Världens kända uranresurser som kan brytas för maximalt 130US\$/kg U (WISE ).

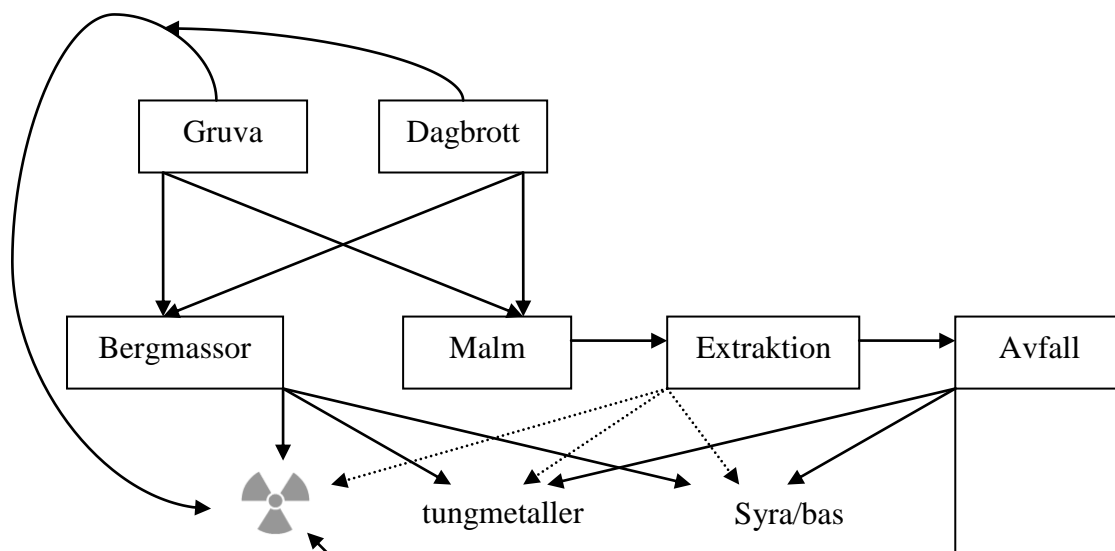
så mycket att det endast är på vissa platser det anses lönsamt att påbörja brytning av det malm som behövs som bränsle i svenska reaktorer. Figur 1 visar världens idag kända uranresurser som kan brytas för en kostnad av maximalt 130 US\$/kg U (enligt OECD:s beräkningar av kostnad för brytning).

Brytning av uran sker genom traditionell brytning av uranmalm eller genom en kemisk lösningsteknik kallad "in situ leaching". Efter att malmen har brutits ska den behandlas kemiskt för att få fram "yellowcake" ( $U_3O_8$ ). Yellowcaken skickas sen från gruvområdet för vidare anrikning. Bilaga 1 visar hela bränslecykeln. Nedan ska de olika processerna för brytning av malmen och framställningen av yellowcake beskrivas mer ingående för att sen kunna bedöma de miljöeffekter som kan komma att uppstå som en följd av brytning av uran.

### 3.1 Traditionell gruvdrift

Denna typ av brytning sker antingen i underjordiska gruvor eller i så kallade "open-pit" (dagbrott) gruvor. Dagbrytning av uran används då malmen ligger ytligt beläget (U.S. EPA, 1995) och gruvbrytning används då malmen ligger djupare, typiskt 120 meter eller mer (WNA). 2003 bröts 28 % av världens uranmalm dagbrott och 41 % bröts i underjordiska gruvor (ibid).

Båda dessa tekniker börjar med en fysisk brytning av den berggrund där uranmalmen finns. Malmen transporteras sen till ett upplag där det förvaras innan det går vidare in i processen för att där koncentrera mängden  $U_3O_8$ . Ut från denna process kommer en lösning som består av finkrossat bergmaterial där uran och andra material har lösts ut. Denna "slurry" läggs vanligtvis i dammar för slutförvaring eller för att behandlas vidare. Figur 2 visar en schematisk bild över de olika stegen.



**Figur 2** Processchema över de olika stegen vid traditionell brytning av uran. Angivet är de olika typer av utsläpp som varje steg kan föra med sig. Streckade pilar anger utsläpp som följd av onormal drift / olyckor.

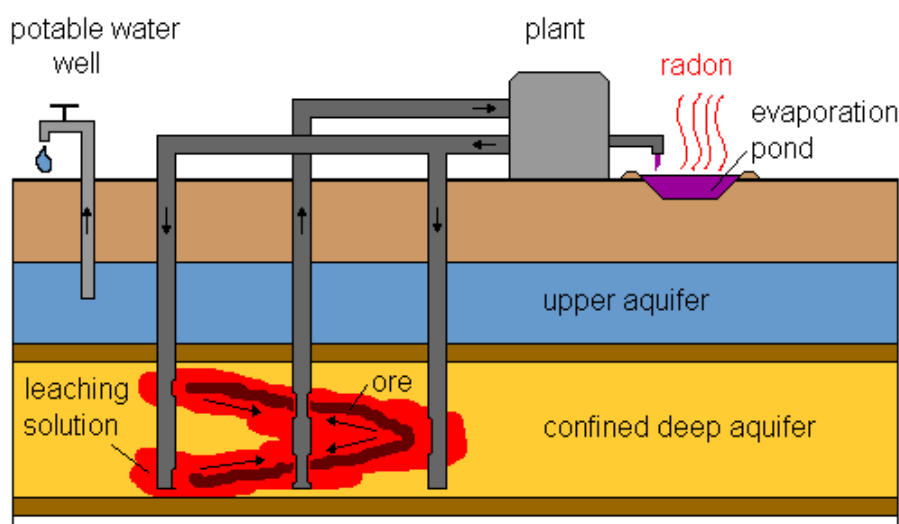
Det är stora mängder material som förflyttas vid det första steget i processen. Dagbrotten har en stor påverkan på sin omgivning eftersom stora mängder material ska flyttas för att uranmalmen skall bli tillgänglig. En rapport utförd av amerikanska naturvårdsverket anger att för att utvinna en enhet uranmalm flyttas mellan 10 - 80 enheter annat material (U.S. EPA, 1995). Dessutom påverkar dagbrottet en yta mycket större än själva malmområdet eftersom väggarna i brottet inte kan vara vertikala på grund av rasrisk (WNA). Underjordiska gruvor är mer effektiva i sin materialtransport. Dessa flyttar 1,5–16 enheter överskottsmaterial för varje enhet malm (U.S. EPA, 1995).

Allt material som ska användas vid extraktion av yellowcake förvaras i stora högar innan de skickas till extraktion. Det material som inte har tillräckligt hög halt uran måste förvaras permanent. Enda möjligheten till användning är att ny teknik gör det lönsamt att utvinna lågkoncentrerat uran. Dessa högar med bergmaterial innehåller ofta förhöjda värden av radionukleider såsom uran, radongas ( $^{222}\text{Rn}$ ) samt olika typer av tungmetaller och andra giftiga ämnen. Exempel på ämnen är Pb, Mo, V, Ni, Zn och As (WISE, Fernandes et al, 1994). Särskilt om bergmassorna innehåller pyrit, finns det förhöjd risk att sänkt pH driver ut uran och tungmetaller ur högarna och transporterar dessa ut ur området antingen med ytliga vattendrag eller med grundvatten (U.S. EPA, 1995, Fernandes et al, 1994). Vissa forskare hävdar att detta läckage pågår mellan 10 till 100 år och att ett övervakningsprogram för denna typ av läckage skall finnas under hela denna period (Fernandes et al, 1997).

### 3.2 In-Situ Leaching

In-Situ Leaching (ISL) översätts bäst som ”på plats urlakning”. Det är en typ av malmutvinning där man pumpar ner en lösning i berggrunden som skall lösa ut uranet och sen pumpar man upp lösningen igen, nu med den eftersökta malmen löst i vätskan. De första försöken att bryta uran med denna teknik gjordes under 1960-talet i USA och Sovjetunionen. 2003 utvanns ca 20% av världens uranmalm med denna metod (WNA).

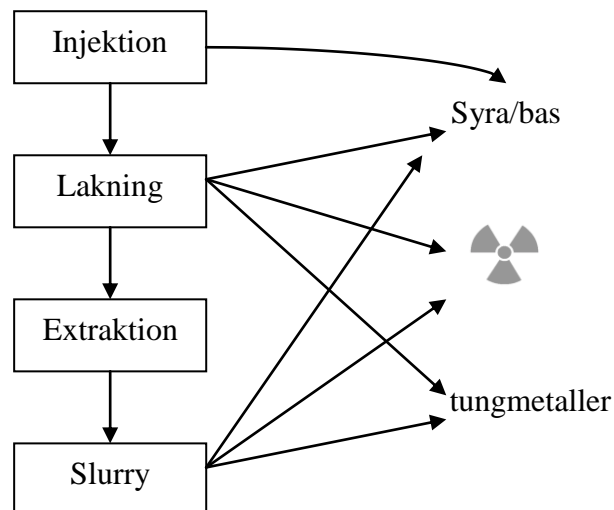
ISL-metoden börjar med borrhåning av injektionsbrunnar och extraktionsbrunnar inom det aktuella malmområdet. För att kunna använda lösningsutvinning krävs att uranmalmen återfinns i en berggrund/jordart som är permeabel samtidigt som omkringliggande material är impermeabel. Därefter injekteras svavelsyra eller ammoniumklorid som lösningsmedel. Valet av lösningsmedel beror på vilken typ av mineral som omger uranmalmen. Främst är det



**Figur 3** Utvinning av uran genom ISL-metoden. Bilden hämtad från organisationen WISE:s hemsida.

förekomsten av kalcium som avgör val av lösningsmedel (WISE, WNA). Därefter pumpas lösningen upp och den går in till extraktion varefter lakvatten pumpas ut och förvaras för vidare behandling. Figur 3 sammanfattar processen.

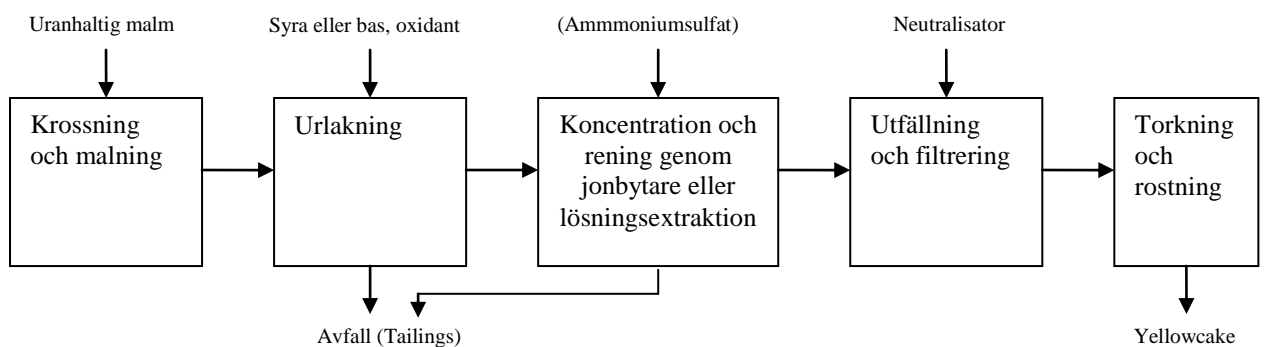
Injektion av ett lösningsmedel medför påtagliga risker för påverkan av system runt utvinningsområdet. Lösningen som injiceras är antingen starkt sur eller basisk (U.S. EPA, 1995). Vanligtvis injiceras lösningen i områden som täcker ett antal km<sup>2</sup> (områden upp till 13



**Figur 4** ISL-metoden beskriven i ett processchema. Möjliga utsläpp i de olika delarna av processen är angivna.

km<sup>2</sup> hittats bland studier) och grundvattenområden långt större än så har setts påverkas av utsläpp från ISL-områden (WISE, Mudd, 2001). I bilaga 2 finns en lista över ämnen och föreningar som kan ingå i den lösning som pumpas upp till extraktion. Samma lösning som vid läckage läcker ut till den akvifer ur vilken uranen utvinns. Figur 4 visar ISL-processen och möjliga utsläpp schematiskt.

### 3.3 Uranverk



**Figur 5:** Schematisk bild över extraktionsprocessen

Vid all form av gruvdrift måste de eftersökta mineralerna eller metallerna separeras från malmen. Två övergripande sätt finns för detta, pyrometallurgi, eller smältning, och hydrometallurgi, eller våt kemisk behandling. Vid uranframställning praktiseras uteslutande den senare metoden (WNA).

Den uranhaltiga malmen förs till ett närliggande uranverk. Först krossas och males materialet till fin sand för att frilägga mineralkorn och för att öka kontaktytan. Därefter lakas materialet med svavelsyra. Tidigare kunde man laka med natriumkarbonat om malmen hade högt pH men numera är svavelsyra så billigt att man uteslutande använder det (ibid).

Lakprodukten är uranyltrisulfanat,  $\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3^{4-}(\text{aq})$ . I det här steget produceras finmalet avfall (tailings) som innehåller nästan hela ursprungsmaterialets vikt pga den låga mängd uran relativt till materialets vikt. Koncentration och rening av produkten kan ske med sorption på jonbytare men vanligare är lösningsmedelsextraktion. En jonbytare är ett fast material, oftast i formen av små pärlor, vilket är uppbyggt av joner (i uranfallet katjoner då uran bildar anjoner) i en rymdnätsmatris (NE, Chemcases, Wikipedia). Lösningsmedelsextraktionen sker genom att tertiära aminer i en fotogenlösning får reagera med svavelsyra och bilda aminsulfat  $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4(\text{org})$ . Aminsulfatet reagerar därefter med uranylet från ovan och bildar aminuranyltrisulfat  $(\text{R}_3\text{NH})_4\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3(\text{org})$  vilket innebär att uranylet extraheras till den organiska fasen medan föroreningar stannar kvar i vattenfasen vilka blandas med avfallet. Sedan vakuumevaporeras det organiska lösningsmedlet. Därefter neutraliseras produkten, tidigare med magnesium eller lut, numera gasformig ammoniak, vilket leder till att ammoniumdiuranat faller ut. Detta torkas och pulvreras till yellowcake eller  $\text{U}_3\text{O}_8$ . I uranverk som behandlar ISL-lösningar utförs enbart jonbytar- eller lösningsmedelsextraktionssteget, avfallet hamnar antingen i damm eller återinjiceras. Konventionella uranverk lyckas extrahera ca 90-95% uran ur malmen (NE, Goldstick, 1991, UIC, WISE, Chemcases, Wikipedia). Figur 5 visar en översiktlig bild över processen.

### 3.4 Avfall från uranverk

Avfallet från uranverken är en sörja av våt finmalen malm med alla radionukleider från uransönderfallskedjorna. Avfallet har en aktivitet på 85% av originalmalmen och innehåller 5 till 20% utfällda kemiska föroreningar, huvudsakligen gips och hydroxider. Det finns också fraktioner av tungmetaller från moderbergarten och att avfallet är finmalet leder till att partiklar blir lätttransporterade och att lakningshastighet ökar. Avfall från ISL har ingen materialdel utan är en lösning av ämnen från moderbergarten och lakmedlen. Tre mekanismer sprider föroreningar från avfallsdeponierna, nämligen vittring, vattengenomflöde och molekylär diffusion. Vittringen kan begränsas genom övertäckning. Vattengenomflödet avgörs av portrycket, och därmed materialets porositet, vatteninnehåll och permeabilitet. Den molekylära diffusionen är väldigt långsam och beror på koncentrationsgradienten.

Historiskt sett har deponimetoden avgjorts likaledes av lokal geografi och klimatförhållande som av miljölågstiftning. Om det funnits naturliga sänkor eller dalgångar har dessa utnyttjats för begravninng eller dammbygge, eller har man deponerat i närliggande sjö. Om inga naturliga förutsättningar funnits kan en konstruerad inneslutning ha byggts i vilken avfallet fått torka och konsolideras (WNA). Tidigare deponimetoder innebar ofta att man försökte placera avfallet på sådant sätt att absolut ingen kontakt med vatten kunde ske, t ex ovanför grundvattennivån, omgärdat av ett helt vattentätt material. Detta pga att vatten skapar syror genom oxidation och vilka mobiliserar mineralkorn genom lakning, sedan transporterar



vattenflödet iväg dessa. Det har dock visat sig dyrt och komplicerat då vattentäthet är svårt att garantera i ett längre tidsperspektiv.

Då miljöregleringar med tiden blivit hårdare har det funnits en drivkraft för att utveckla och förbättra billiga deponimetoder av avfallet. Ett exempel på en av de senaste är ”previous surround”-tekniken (permeabel omringning) där man placerar avfallet under grundvattennivån. Tanken är att man skall omgärda avfallet med ett mellanlager med hög permeabilitet, t ex överskottsbergsmaterial från brytningen, och då vatten följer minsta motståndets väg skall grundvattnet inte sippra in i det mindre permeabla avfallet. Avfallet torkas och neutraliseras, dels för att ingen syrabildning skall ske t ex genom oxidation av pyrit vilket leder till att partiklar mobiliseras då de går i lösning på grund av lågt pH, och dels för att minimera portrycket och därmed minska lakstigheten i avfallet. Det finns dock tvekan om det kan fungera långsiktigt, dels pga nederbördsvatten kan tränga in i avfallet ovanifrån, dels genom att flödeslagren kan bli igensatta av fina partiklar. Generellt gäller dock för alla deponimetoder att man har brist på kunskap angående den långsiktiga utvecklingen av avfallets kemiska och geologiska sammansättning (WISE, Frost WNA, IAEA)

I bla Australien återinjiceras ISL-avfallslösningen under förhoppningen att akviferens geokemiska processer skall ta hand om föroreningarna (Mudd, 2001).

## 4 LCA och EPD

### 4.1 Vad är en LCA?

Hela denna sammanfattning är hämtad från Piper et al. Det traditionella miljöarbetet hos såväl företag som myndigheter har ju i mångt och mycket handlat om att minska miljöbelastningarna från punktkällor, t.ex. utsläpp från enskilda fabriker. Ur insikten om att det för att ge en mer komplett bild är nödvändigt att anlägga ett helhetsperspektiv och följa produkter från råvarustadiet och ända tills de är förbrukade, har livscykelanalys-konceptet (LCA) växt fram. Tanken med LCA är att följa produkterna "från vaggan till graven."

En livscykelanalys definieras som:

"..ett objektivt tillvägagångssätt att belysa miljöpåverkan från en process, produkt eller aktivitet genom att identifiera och kvantifiera energi- och materialanvändning samt föroreningsutsläpp till miljön; att bedöma typen och graden av denna miljöpåverkan samt att utvärdera och föreslå olika möjliga sätt att minska miljöpåverkan". (Piper et al, 2004)

Analysen omfattar hela livscykeln av den studerade processen, produkten eller aktiviteten vilken omfattar val av råvaror, utvinning och förädling av energi och råmaterial, tillverkningsprocesser, transporter och distribution, produktanvändning, underhåll, återanvändning, återvinning samt avfallsdeponering.

Eftersom det endast är de mest signifikanta miljöeffekterna som är intressanta måste LCA avgränsas genom val av systemgränser, allokeringsregler och avgränsningskriterier. Dessa skall göras på ett sätt som gör att det inte går för mycket data förlorad. T ex räknar Sydkraft i sin LCA inte med den miljöpåverkan som orsakades av att anlägga gruvan eftersom de anser att den skulle ha anlagts oberoende av dem.

Data samlas sedan ihop och de ska i princip följa strukturen nedan

### Resursanvändning

- Icke förnybara resurser
  - utan energiinnehåll (t ex järnmalm och kalksten)
  - med energiinnehåll (t ex olja, gas, kol och uran)
- Förnybara resurser
  - utan energiinnehåll (t ex vatten)
  - med energiinnehåll (t ex vattenkraft)

### Föroreningsbelsättning

- utsläpp av växthusgaser
- utsläpp av ozonnedbrytande gaser
- utsläpp av försurande gaser
- utsläpp av gaser som bidrar till bildning av marknära ozon
- utsläpp av syretärande ämnen till vatten
- utsläpp av toxiska ämnen
- generering av avfall

Utifrån data skall sedan en miljöpåverkansbedömning ske, det innebär att data tolkas för att se vilka specifika miljöeffekter som de olika utsläppen kan åstadkomma.

Det sker en granskning av LCA:n innan den certifieras enligt ISO 14040 standarden. Det som kontrolleras är:

- att metoden följer kraven i standarderna
- att metoderna är vetenskapligt och tekniskt accepterade
- att en riktig användning skett av indata
- att tolkning av resultaten beaktar studiens målsättning och begränsningar samt
- att slutrapporten på ett korrekt sätt återspeglar resultaten på ett överskådligt sätt

LCA:n går sedan igenom tre olika kontroller.

- Intern expertgranskning - utförs av en intern expert oberoende av LCA-studien.
- Extern expertgranskning - utförs av en extern expert oberoende av LCA-studien.
- Extern expertpanelsgranskning - utförs av en granskningspanel, som kan bestå av andra berörda parter, ledd av en extern oberoende expert.

En LCA kan dels användas för internt bruk som underlag för produktutveckling i miljöförbättrande syfte, samt som internt kommunikationsunderlag för att identifiera viktiga miljöaspekter inom ramen för ett miljöledningssystem, dels som underlag för att informera externt om produktens / tjänstens miljöpåverkan.

ISO-standarderna för LCA ligger under 14040-serien.

## 4.2 Vad är en EPD?

EPD står för Environment Product Declaration (Miljövarudeklaration på svenska) och är en mall för miljöinformation som grundar sig på LCA. Medan LCA är tänkt som ett verktyg för diverse internt miljöarbete inom företag/organisationer, såväl som för extern kommunikation, är EPD helt och hållet tänkt att vara ett verktyg för den externa kommunikationen. Med hjälp av en EPD ska inköpare eller konsumenter kunna jämföra olika produkters och tjänsters miljöpåverkan. Precis som en LCA skall en EPD granskas och certifieras av en tredje part.

En speciell EPD-standard inom ISO är på väg, den kommer att benämnas ISO14025 (Miljöstyrningsrådet).

## 5 Svenska energibolag och uran

### 5.1 Sydkrafts LCA

Sydkraft, som driver kärnkraftverken Barsebäck, Ringhals och Oskarshamn, gav år 2000 ut en livscykelanalys, baserad på siffror för driftåret 1999. Däremot har man hittills inte publicerat någon EPD. I livscykelanalysen granskas miljöpåverkan från koncernens vattenkraft, kärnkraft och övriga energikällor, med 1 MWh el som funktionell enhet. Metodiken för analysen följer i huvudsak ISO14040-seriens riktlinjer för livscykelanalyser. Den externa granskningen för Sydkrafts LCA genomfördes av ett företag som heter CIT Ekologi AB. En sammanfattning av deras granskningsutlåtande finns med i LCA-rapporten

Kärnkraftens miljöbelastning har delats in i tre delar; "Bränsletillförsel och avfallshantering", "Drift" samt "Byggande och rivning av kraftverken". Det anges vilka begränsningar som gjorts för vad som räknas in i livscykeln. Som exempel kan nämnas att man valt att inte räkna med diverse biprodukter (bl.a. gödningsämnen från urangruvorna) miljöpåverkan eftersom deras ekonomiska värde bedöms som marginellt i förhållande till huvudprodukten (Sydkraft, 2000). Inte heller räknar man med olycks- och katastrofrisker, utan utgår från normala driftförhållanden (Sydkraft, 2000).

I diagramform redovisas utsläppen av följande emissionskategorier:

- Växthusgaser
- Ozonnedbrytande gaser
- Försurande ämnen
- Gaser som bidrar till bildandet av marknära ozon
- Övergödande ämnen
- Radioaktiva emissioner
- Toxiska ämnen
  - Stoft
  - Kolväten
  - Metaller

Ur diagrammen kan utläsas att bränslekedjan bidrar till den överlägset största mängden emissioner i samtliga kategorier förutom kategorin radioaktiva emissioner (där driften står för den största delen av utsläppen).

Utöver ovanstående emissioner listas även mängden farligt avfall, bränslerelaterat avfall och övrigt avfall, samt material till återvinning.

Något försök att väga de olika miljöpåverkanskategorierna mot varandra har inte gjorts, eftersom en värderingsfas inte ingått i denna livscykelanalys (Sydkraft, 2000)

I sektionen som handlar om bränslekedjan skrivs det kortfattat om hur uranbrytningen går till och vilka miljöeffekter den har. Studien av uranbrytningen har gjorts på två gruvor, ett

dagbrott och en gruva med både dagbrott och underjordsgruva. Det är inte angivet i vilka länder gruvorna ligger.

Sydskraft skriver att det inte varit möjligt att få uppgifter från Barsebäcks uranleverantör. Därför har man använt siffror från en annan gruva, som tidigare varit en stor leverantör och som "även i framtiden kan komma att vara en trolig leverantör." Det skrivs att de båda gruvorna ligger på olika kontinenter och att de kan antas ha olika teknisk standard. Klimatförhållandena och energiförsörjningen bör dock vara likartade för de två gruvorna, konstateras det.

## 5.2 Vattenfall EPD

Vattenfall har upprättat två olika EPDer, en för Forsmark och en för Ringhals. Båda kärnkraftsanläggningarna köper uran från samma gruvor och därför sammanfattas båda EPDerna eftersom de inte skiljer sig åt i sin beskrivning av uranbrytningen. EPDerna baserar sig på Vattenfalls LCA från 2002 och den funktionella enheten är 1 kWh. Vattenfalls EPD har granskats och certifierats av ett företag som heter BVQI som enbart sysslar med olika typer av certifieringar.

Tabell 1 anger vilka gruvor de köper uran från och vilka brytningsmetoder som används vid respektive gruva.

**Tabell 1.** Uranbrytningen sker i tre olika gruvor och med tre olika brytningsmetoder.

<b>Företag</b>	<b>Placering</b>	<b>Brytningsmetod</b>
Rössing Uranium Ltd	Rössing, Namibia	Open pit
Western Mining Company (WMC)	Olympic Dam, Australien	Underjordisk
Navoi Mining and Metallurgical Combine	Navoi, Uzbekistan	In-Situ

Vattenfall redovisar sedan vilken typ av emissioner som kärnkraften totalt ger. Det som redovisas är:

1. Växthusgaser
2. Ozonförstörande ämnen
3. Försurande ämnen
4. Gaser som skapar marknära ozon
5. Övergödande ämnen
6. Toxiska ämnen
  - Antimony (Sb)
  - Arsenik
  - Dioxin
  - PAH
  - Sodium hypoklorit
  - Bly
- Radioaktiva utsläpp
  - C-14
  - Kr-85

Dessutom redovisas hur stor mängder avfall som produceras samt hur mycket återvinningsbart avfall som produceras. Det redovisas även hur mycket land och vatten som tas i anspråk.

För utsläpp 1-5 ovan redovisas sedan i tabellform hur stora de olika utsläppen är i olika delar av processen. I samtliga fall står själva brytningen för den enskilt största utsläppsdel. EPDn kommenterar också de olika toxiska emissioner som redovisas. Den största delen av dem kommer från brytningen av det material som behövs för att bygga kärnkraftverken och anläggningarna för hantering av det uttjänta bränslet.

EPDn redovisar de biotopförluster som har skett på grund av brytningen. Mätningen är byggd på "The Biotope Method March 2001" och den baserar sig på att den totala ytan som tas i anspråk av gruvanläggningen delas upp i tre olika grupper efter hur vanlig biotopen är. De olika anläggningarna blir därefter klassificerade på en skala där A1 är det bästa och C2 det sämsta. En anläggning med klassificeringen A1 innebär därmed att det är vanligt förekommande biotoper som har förstörts och en anläggning med klassificeringen C2 innebär att många sällsynta biotoper har förstörts. Tabell 2 anger de olika gruvornas klassificering.

**Tabell 2** Ranking bland vattenfalls tre gruvor

<b>Anläggning</b>	<b>Ranking</b>
Rössen, Namibia	C1
Olympic Dam, Australien	A1
Navoi, Uzbekistan	C2

Efter följer en kort beskrivning av gruvorna i Australien och Namibias omgivande natur och klimat. Från gruvan i Uzbekistan saknas det uppgifter över huvud taget.

### **Riskanalyser**

Vattenfall har haft som mål att skapa ett system som gör att man kan jämföra riskerna som de olika delarna i uranets livscykel medför. Tyvärr har de inte lyckats med det och det går därför inte att direkt jämföra de olika riskberäkningarna med varandra. Innan uranet görs om till bränsle så har det en låg radioaktivitet och därför är de största riskerna vid uranbrytning kemiska. De största riskerna är enligt Vattenfall att det ska ske olyckor vid kemikalietransport samt mindre läckage från kemikalielagring och deponerat avfall. Vattenfall har inte kunnat hitta några scenarion som skulle få några större konsekvenser, och incidenter anses endast ha lokala effekter.

### **Olympic Dam, Australien**

Gruvföretaget har genomfört en rad olika beräkningar både på eventuella olyckor och på vilket sätt dagens användning har inverkan på miljö och människors hälsa. Det enda konkreta problemet som redovisas i EPDn är att det används stora mängder vatten som kan göra att den lokala vattentillgången tar slut.

### **Rössing, Namibia**

Gruvbolaget har undersökt 60 olika scenarier vilket innebär allt ifrån bussolyckor för besökande till eldsvådor, explosioner osv Det enda resultat som redovisas är sannolikheten för att en av de 12 dammarna med avfall skall brista. Sannolikheten för det är enligt den senaste beräkningen mindre än 1 på 100 000 år, förutsatt att dammarna underhålls.

Det har även gjorts vissa beräkningar på sannolikheten för en syraolycka men det står enbart att en sådan räknas som mindre sannolik på grund av alla de säkerhetsåtgärder som har vidtagits.

### **Navoi, Uzbekistan**

EPDn saknar helt data ifrån gruvan i Navoi. Den enda information som finns är att gruvbolaget använder sig av en metod med rent vatten vilket ger försumbara miljömässiga risker under jord. De problem som kan uppstå är när vattnet kommer upp ur jorden om det inte tas om hand på ett bra sätt.

## **6 Externe 1995**

EU har i en utredning från 1995 försökt beräkna de externa kostnader som elproduktion innebär. Volym fem behandlar kärnkraft och den europeiska kärnkraftens externa effekter. Utredningen har gått igenom fransk kärnindustri genom att dela upp den i kärnbränslecykelns åtta steg, varav ett är det så kallade ”mining och milling”-steget. Förutom den totala externa kostnaden och systemgränser kommer enbart uppgifter från ”mining och milling” - steget att redovisas.

De för utredningen satta systemgränserna innefattar främst första ordningens processer, d.v.s. enbart de processer som direkt rör verksamheten. Mer matematiskt är det enkla processer där en faktor bestämmer en annan (exempelvis radioaktivt utsläpp ger cancer). Tidsskalan är satt till 100 000 år. Endast effekter på människors hälsa har beaktats, varför exempelvis skador på ekosystem inte räknas in i värderingen av de externa effekterna.

Utredning beskriver kort de olika delarna i brytning och behandling av malmen, varefter de försöker belysa ut de olika problem som uppstår till följd av denna verksamhet. Den beskriver också nuklidens transportvägar från gruvan till omgivning och ser främst tre källor till spridning.

### **Flytande utsläpp**

I det aktuella gruvområdet behandlas allt spillvatten innan utsläpp till omgivningen, varför utredarna anser att allt vatten som släpps ut kan anses ofarligt pga sina låga halter av radon och uran. Övriga utsläppsvägar anses vara:

- Vatten som flödar genom gruvan och vidare ut med ytvatten eller grundvatten.
- Nederbörd som rinner över gruvområde och genom slagghögar (ytavrinning).
- Tvättvatten från gruvverksamhet.

### **Utsläpp till atmosfären**

Även inom denna kategori anses den stora faran vara utsläpp av radon och uran, även om föreningar som verkar försurande nämns som ett möjligt utsläpp. De främsta källorna anses vara:

- Radonutsläpp från dagbrott
- Högar med överblivna bergmassor och processavfall (slagg).

Vid den aktuella gruvan kommer processavfall att slutförvaras i gruvan och täckas över. Därför anses alla utsläpp till atmosfären upphöra vid slutrestaurering av gruvområdet.

### **Fast avfall**

Källorna till fast avfall är liknande de vid det flytande utsläppet. Även i detta fall beaktas främst radionukleider. Partiklar kommer från processavfall och högar med överblivet material och riskerar att rinna ner i närliggande floder. Dock anses risken för detta vara lite eftersom de geologiska förutsättningarna inom det aktuella gruvområdet anses vara gynnsamma.

### **Icke radioaktiv påverkan**

Huvudsakligen undersöks radiologiska effekter. I övrigt redovisas resultat från kontrollprogram i en närliggande flod där andra föreningar/ämnen ges visst utrymme. Vid beräkning av förluster uppkomna p.g.a. av olyckor inom gruvområdet redovisas också olyckor som uppkommit genom annat än radioaktivitet.

### **Kvantifierade kostnader**

ExternE redovisar en total extern kostnad för kärnkraften på 0,024 SEK/kWh (2.5 mECU/kWh, dåvarande kurs ca 9.50 enligt EU). Effekterna från mining and milling-processerna uppskattas till 0,00062 SEK/kWh (0,065 mECU/kWh). Båda dessa externa kostnader är förutsatt att diskonteringsräntan är 0 % (med diskonteringsränta 3 resp. 10% försvinner alla långtidskostnader). Vad gäller den senare kostnaden antas den främst härröra från:

- Arbetsrelaterade skador – olyckor och radonexponering ( $\approx 50\%$ ).
- Utsläpp till atmosfären – främst radon inom en radie på 1000 km ( $\approx 50\%$ ).

Utsläpp av radionuklider anses ha negligerbar påverkan

## **7 Diskussion**

### **7.1 Brytning**

Effekter av uranbrytning i dagbrott och underjordiska gruvor är desamma som vid andra typer av brytning. Att förflytta stora mängder av bergmaterial har givetvis stor påverkan på närliggande landskap. För att uppnå en kärnkraftseffekt av 1 GW bildas mellan 40 000 - 60 000 m<sup>3</sup> avfall, mestadels i form av bergmaterial som flyttas (Fernandes et al, 1994). Denna genereringstakt innebär att 22 ton material skall förflyttas för att kunna ladda en Ericsson mobiltelefon (egen beräkning)! Frågan är hur detta överhuvudtaget kan löna sig.

Avfallshögar med bergmaterial har visat sig vara en viktig källa till utsläpp av syra i marken (Fernandes, 1994, muntligen Philip Peck). Sura utsläpp minskar tillväxt hos vegetation och det i sin tur leder till minskade möjligheter att utnyttja eventuella ekosystemtjänster. Dessutom påverkas också konkurrenssituationen för all växtlighet på ett sätt som kan leda till att området där detta utsläpp sker kan förvandlas till ett fårtssamhälle. Något som kan bli märkbart den dagen man behöver utnyttja marken till något annat än gruvbrytning. Sura utsläpp leder också till lakning av tungmetaller närvarande i överskottsmaterialet. Dessa tungmetaller förflyttas lätt med grund- och ytvatten. Tungmetaller är persistenta och kan redan i låga koncentrationer vara skadliga för växter och djur (SLU). Tyvärr har de rapporter angående lakning från överkottsbergmaterial vi undersökt redovisat mätningar av andra typer

av tungmetaller än de som vi har gränsvärden för, varför vi inte kunnat bedöma de uppmätta halternas möjliga miljöpåverkan.

Bergmassorna som förflyttas vid brytning innehåller ofta höga koncentrationer (jämfört med medelvärdet i berggrunden) av radionukleider. Vid förvaring av stora högar är det främst emissionerna av radongas som ställer till problem (Fernandes, 1994, Fernandes, 1997). Radongas har en halveringstid på ca 4 dagar varefter nästa stabila isotop är bly (Goldstick, 1991). Inandad radongas omvandlas alltså till bly i lungorna. Radongasutsläpp anses vara en av brytningens största externa kostnader pga ökad cancerrisk (European Commission, 1995).

ISL metoden skulle i teorin kunna vara en betydligt renare metod för utvinning av uran än öppna brott. Tanken är simpel. Borra hål, in med vätska, pumpa upp och utvinn. Metoden har väldigt liten direkt landskapspåverkan i område med liten vegetation, eftersom endast brunnhål borrar. Borrområdet kan dock täcka stora område och avverkning av träd kan behöva göras för att kunna täcka området tillräckligt med borrhål. Anmärkningsvärt är dock att en metod där en sur vätska pumpas in i en grundvattenakvifer anses ha liten miljöpåverkan. Borrhålen görs över stora områden och att anta att alla lager är impermeabla över hela brunnområdet kan inte accepteras, då många exempel på läckage till grundvatten har redovisats (Mudd, 2001).

Bilaga 2 anger de lösta ämnen som följer med lixivianten upp till uranverket. Tyvärr är det bara ISL-processer i Uzbekistan och Kina som kan anses redovisa en omfattande lista med olika typer av lösta ämnen. Lägg dock märke till de höga halterna av metaller och andra föreningar förutom uran. Dessa utvinns inte utan hamnar i avfallsdammar eller återinjiceras i borrhålen (Mudd, 2001). Andra problem som har upptäckts vid flera ISL-lokaler är kraftigt höjda salthalter och närvaro av svavelsyra i grundvattnet. I Strázregionen i Tjeckien var en gruva i drift från slutet av 60-talet fram till mitten av 90-talet. För varje ton uran som produceras injicerades 280 ton svavelsyra, 8 ton ammoniak, 20 ton salpetersyra samt 2 ton floursyra. Området bestod av två akviferer, en övre och en undre. Uranet utvanns ur den undre, men läckage skedde mellan de båda akvifererna och efter avslutad verksamhet hade pH sjunkit från 6.7 i båda akvifererna till ca 1.8-2.8 i den undre och 2,5-7 i den övre (Mudd, 2001). Alltså har lixiviant läckt mellan akvifererna och påverkar omgivningen på samma sätt som traditionell brytning, med undantaget att processen har påskyndat läckaget till grundvattnet.

Efterarbetning av förorenade grundvattenområden har visat sig vara besvärlig och kostsam (US EPA, 1995). I Australien har därför metoden att anse att grundvattnet var påverkat redan innan verksamheten lett till att istället för att rena grundvattnet, pumpa överbliven lösning ner till akviferen. Geokemiska processer antas kunna ta upp metaller och sänka pH naturligt, men denna självläkning har aldrig kunnat påvisas ske i akvifererna. Om det överhuvudtaget sker tros det ske långsamt (Mudd, 2001).

Avfallet från uranverken är den största miljöfaran som uppkommer vid brytningen då det är stora mängder radioaktivt, lätttransporterat, oftast starkt försurande material. Radonemmissioner och gammastrålning, vittring med påföljande vindtransport och läckage av radionukleider och tungmetaller till grundvattnet är risker som måste tas i beaktande, och då avfallet kommer att stråla under väldigt lång tid ( $U^{238} T_{1/2} = 4,51 \times 10^9$  år) krävs långsiktiga lösningar som kräver minimalt underhåll. 1978 kom de första regleringarna för uranavfallsdeponering (se bilaga 3 EPA) och dessa krävde att deponin skulle fungera utan underhåll i 200-1000 år, vilket inte är i närheten av deponins föroreningslivstid men dock en



början. I sammanhanget kan nämnas att Kanada inte har någon allmän rehabiliteringsreglering utan istället en plats-till-plats-policy utan kritiska gränser eller gränsvärden vilket också resulterat i ett sämre miljöskydd på området (IAEA, WISE).

Det har enligt IAEA inte skett några dammbrott de senaste 20 åren vilket kan vara en indikation på att gruvbolagen börjat ta problemen på allvar, dock så finns det många tidsbomber t ex dammar som är byggda på förkastningslinjer, hus byggda med cement gjort på uranverksavfall eller med avfallet som fyllnadsmaterial, helt oreglerade gruvor i svårstuderade områden som Kongo-Kinshasa, dåligt konstruerade och omhändertagna deponier etc. En svårighet för den samvetsgranne uranköparen är att det är svårt att kontrollera kvalitetsnivå på deponier då gruvbolag inte alltid är pigga på att låta oberoende parter undersöka dessa då ett offentliggörande av dåligt miljöansvar tillsammans med pr-stigmat rörande uran kan vara förödande för anseendet.

Ett exempel på flagrant miljönonchalans som uppmärksammades först långt efteråt är Mounanverket i södra Gabon. Där deponerade COMUF, vars delägare bla varit Cogema och franska staten, 2 miljoner ton i ett närliggande å (Ngamabougou-ån) utan någon som helst behandling mellan 1961 till 1975. Detta ledde till att pH sjönk till 1,5-2, och döda fiskar observerades ofta i ån. Fortfarande under 1996/97 uppmättes 3,2 Bq/l Ra<sup>226</sup> och 1,7 mg/l U<sup>238</sup> (EPAs standards är 1,87 Bq/l Ra<sup>226</sup>, WHO's gränsvärde 0,015mg/l U<sup>238</sup>) Dessa värden sjönk till under 0,7 Bq/l och under 0,1 mg/l 1999 då gruvverksamheten i området hade avslutats. Dock hade avfallet transporterats flera km till Mitembe-floden, och där hade den sedimenterats över en dalbotten. COMUF beräknade att bönder som korsade dalen för att nå sina plantager hade fått stråldoser på 2,3 till 2,9 mSv/år. 1985 påbörjade COMUF rehabiliteringsarbete av området som bl a inneburit att man täckt avfallssedimenten med ett 30–50 cm tjockt jordlager (den ferrosoljordmånen som är vanlig i området), dock har erosionskador redan observerats. Kostnaden för rehabiliteringen (EUR 10,7 milj.) har i huvudsak betalats med bidragspengar från EU, trots att det ansvariga företaget fortfarande existerar (WISE).

Kontakt har tagits med Cogema Resources som bryter uran i bla Kanada och i Niger och vars tre största gruvor står för mer än 15 % av världens uranproduktion år 2003. Tyvärr har inte någon intervju kunnat erbjudas oss. Kontakt har också tagits med Western Mining Companys hållbarhetsavdelning, men de har inte hört av sig trots upprepad mailkontakt under två veckors tid. Det är bekymmersamt att gruvbolagen inte velat diskutera frågan med oss och det gör att vi inte kan ta med deras uppfattning om miljöproblematiken i arbetet.

## 7.2 Sydkrafts LCA

Det är för det första naturligtvis anmärkningsvärt att Sydkraft delvis baserat bränsledet av sin LCA på siffror från en helt annan gruva, på en annan kontinent, och med en annan teknisk standard, än den verkliga. Vi har via telefon frågat flera anställda vid Sydkraft (bla Sven Nordlöv, som är ansvarig för Sydkrafts uranupphandling) om vilka gruvor Sydkraft köpte sitt uran från 1999. Ingen har kunnat svara på detta. Det Sydkraft konstaterar angående klimatförhållandena och teknisk standard indikerar att de två gruvorna skulle kunna ligga i Ryssland respektive Kanada, eller Namibia respektive Australien. Det är märkligt att Sydkraft inte skriver vilka länder gruvorna ligger i. Det känns också ohederligt att skriva att den tekniska standarden kan antas vara olika, ifall den tekniska standarden kan antas vara sämre i den verkliga gruvan.

Rent allmänt känns det som att väldigt lite av gruvproblematiken tas upp. Man får uppfattningen av att det egentligen i stort sett inte uppstår några miljöproblem vid brytningen. Det enda som nämns är det störande visuella intrycket urangruvor lämnar, samt att "viss påverkan på den biologiska mångfalden" sker. Inte i ett enda ord nämns exempelvis frågan om hälsoproblem bland gruvarbetare och boende i närheten av gruvorna, hälsoproblem som påtalats i åtskilliga rapporter (exempelvis Au et al, 1998).

Sydkraft skriver i sitt stycke "Övrig miljöpåverkan" mer om påverkan på den biologiska mångfalden i Sverige (pga utsläppen av varmt kylvatten runt reaktorerna) än vad de skriver om påverkan på ekosystemet på platserna för brytningen. Det känns som en underlig prioritering, eftersom påverkan på ekosystemen kring gruvorna kan vara större än påverkan på den biologiska mångfalden runt reaktorerna. "Mkandawire et al 2004" och "Peterson et al 2000" är exempel på studier som behandlar problemen i ekosystemen runt gruvorna, medan studier som påvisat några jämförbara problem runt reaktorerna inte hittats.

I ovan nämnda stycke, "Övrig miljöpåverkan", skrivs det att "Barsebäcks gruva är beläget på ett område med kargt klimat och ett mycket sparsamt djur och växtliv." En mening som tycks vilja få oss att tro att miljöutsläpp därför inte skulle vara lika allvarliga där, som på andra ställen. Emellertid är karga områden (exempelvis arktiska och arida områden) snarare extra känsliga, bla eftersom den typen av natur tar så lång tid på sig att återhämta sig från miljöskador (Bernes, 1996).

Man skriver att "sammantaget gäller för utsläppen av radioaktiva emissioner både till luft och vatten, att dessa ligger klart under tillåtna värden för samtliga studerade delar av kärnkraftens livscykel" (Sydkraft, 2000). Detta kan vara sant, men vi tycker det är problematiskt att Sydkraft, såsom tidigare påpekats, i sin livscykel valt att inte ta med olyckor och katastrofer. Just vid olyckor och katastrofer har många stora radioaktiva emissionerna skett genom årens lopp, exempelvis år 1979 vid deponidammen i Church Rock (USA) då hundratusentals kubikmeter radioaktivt vatten i ett slag forsade ut och förorenade mer än tio mil av Rio Puerco-floden, en kontamination som med största sannolikhet medförde överträdelser av gränsvärden. Och denna olycka är långt ifrån unik (WISE).

Granskningspanelen skriver att:

"..den viktigaste avvikelser [i Sydkrafts LCA] är att föreliggande tredjepartsrapport [LCA:n] inte inkluderar en kvalitativ och kvantitativ beskrivning av de processer för vilka data har samlats in." (Sydkraft, 2000)

En beskrivning som alltså ska finnas med i LCA:er.

"Kvalitativa och kvantitativa data som räknas med i inventeringsanalysen skall samlas in för varje enhetsprocess som finns inom systemgränserna." (Piper et al, 2004)

Granskningspanelen skriver dock i nästa mening att

"..problemet dock delvis har lösts genom att läsaren hänvisas till Sydkraft och till studiens mer detaljerade underlagsrapporter." (Sydkraft, 2000)

## 7.3 Vattenfalls EPD

### Redovisning av emissioner

I EPDn är den enda emissionen som orsakas av själva gruvdriften den sten som blir kvar när själva uranet har skilts från resten av materialet. Toxiska emissioner betraktas som så små att de är helt försumbara. Det verkar vara ett osannolikt antagande med tanke på de värden som mätts upp runt andra urangruvor. Gruvorna i Namibia och Australien verkar enligt EPDn ha ett system för att lagra och ta om hand det avfall som bildas. Men från gruvan i Uzbekistan saknas helt uppgifter. Det finns exempel på andra ISL gruvor i forna öststater som har haft stor miljöpåverkan. Om så även är fallet vid den här gruvan skulle det kunna vara den enskilt största källan till påverkan på miljön och människors hälsa. Dessutom är det konstigt att de enda radioaktiva emissionerna som redovisas är C-14 och Kr-85. Eftersom det finns en rad andra radioaktiva isotoper i bland annat avfallet som antas ha betydligt större påverkan, t ex radon, radium och uran.

### Biotop och biodiversitetsförluster

EPDn har ett långt och utförligt kapitel om biotopförluster p.g.a. markanvändningen både för själva kärnkraftverket och för uranbrytningen. Problemet är att EPDn endast räknar med den yta som själva anläggningen har. Däremot finns det inga beräkningar på hur stor biodiversitet eller biotoper som har gått förlorade pga de toxiska emissioner som har skett ifrån brytningen, vilka antas påverka ett betydligt större område än själva brytningen.

### Riskbedömning

Det står i EPDn att det har genomförts en riskkalkyl för både gruvan i Namibia och Australien. Det står i princip ingenting om vilka risker som finns och hur de har beräknas. Vilket hade varit intressant med tanke på att en stor del av de toxiska emissioner som sker, sker just vid mindre olyckor eller incidenter. Men det framgår i båda fallen att det beräknas vara ytterst små risker för någon allvarligare olycka. Ifrån gruvan i Uzbekistan saknas helt och hållet uppgifter. Utifrån de här uppgifterna slår Vattenfall fast i sin sammanfattning att "no probable scenarios with sizeable consequences have been identified in these phases".

### Sammanfattning av diskussionen kring EPDn

Det finns en mycket bra redovisning av växthusgaser, försurande ämnen, gaser som skapar marknära ozon samt övergödande ämnen. Det som däremot saknas är en genomgång av den problematik som skapas kring gruvbrytningen pga emissioner av toxiska och radioaktiva ämnen. Enligt Vattenfall ger uranbrytningen så lite emissioner av toxiska och radioaktiva ämnen att de är helt försumbara, ett påstående som verkar väldigt osannolikt, med tanke på undersökningar från andra urangruvor. Dessutom blir påståendet ännu mer anmärkningsvärt eftersom det helt saknas uppgifter från gruvan i Navoi. Vattenfall förutsätter helt enkelt att det inte finns några problem eftersom de använder In-situ urlakning. Ett antagande som inte överensstämmer med vad många experter anser. Genom att förutsätta att gruvorna inte släpper ut några toxiska emissioner har Vattenfall bortsett från en av de möjligtvis största miljö- och hälsoproblematiken som finns för kärnkraften bredvid problematiken med det radioaktiva avfallet.

En annan aspekt som fattas är vad som kommer att hända med gruvorna efter att uranbrytningen har slutat. Många miljöproblem och olyckor sker efter att driften har avbrutits eftersom det fortfarande finns stora mängder giftigt avfall kvar på platsen, därför är det viktigt att de restaureras. Därför borde det iallafall vara med vem som har ansvaret för restaureringen och eventuell problematik kring den. Ett exempel som borde tas upp i nästa EPD är t ex att

Rössing Uranium under 2004 gick så pass dåligt att de var tvungna att använda pengar som var avsatta för restaurering av gruvan (WISE).

## 7.4 ISO 14025 och 14040 seriens relevans för miljöarbete

Det blir allt vanligare att företag använder miljöledningssystem samt LCA och EPD som ett försäljningsargument. På t ex Vattenfalls hemsida och i mycket av deras material är ett ständigt återkommande argument för att köpa Vattenfalls el att de har "miljövarudeklarerad el". Men vad innebär egentligen miljövarudeklarerad el och är det samma sak som miljövänlig? Det största problemet med ISOs system för LCA och EPD är enligt oss att det är för dålig kontroll utav de data som används. Med utgångspunkt ifrån den undersökning som vi har gjort är det uppenbart att samtliga data baserar sig direkt på uppgifter ifrån gruvbolagen, även om Vattenfall har gjort egna miljöinspektioner (telefonintervju, Birgit Bodlund). Både gruvbolagen och kraftbolagen har naturligtvis intressen av att visa på så lite miljöpåverkan som möjligt och det finns även som vår undersökning har visat stora brister i redovisningen. Här anser vi att de företag som har ansvar för att ge en extern expertpanelsgranskning och certifiera LCA och EPD har misslyckats i sin uppgift att skapa en trovärdig redovisning av miljöeffekterna av uranbrytning.

Något som helt fattas i en LCA är tidsperspektiv. För gruvdrift är oftast risken störst för emissioner och olyckor efter att gruvdriften har avslutats. Men det finns inga krav i ISO 14040 serien för att redovisa hur miljöpåverkan ska förebyggas efter stängning eller vem som är ansvarig för att förhindra och åtgärda miljöpåverkan.

Det behövs göras en prioritering av vilka miljöproblem som ska beskrivas och undersökas som är bättre utformad efter den lokala platsen där miljöpåverkan sker. Det finns krav i ISO 14040 och 14025 serien på t ex redovisning av emissioner av försurande och övergödande ämnen. Det här är typiska problem för industrialiserade områden men behöver inte vara särskilt relevant för det området som en anläggning ligger i. Där kan det istället vara andra typer av miljöpåverkan som har betydligt större betydelse för människorna och miljön omkring en anläggning.

Den stora bristen på insyn skadar också trovärdigheten. Vattenfall vill t ex inte lämna ut sin senaste LCA från 2002. Samtliga uppgifter i EPD baserar sig på LCA:n men eftersom det inte går att få tag på denna LCA är det svårt att veta vad de enskilda uppgifterna baserar sig på. Vattenfalls EPD står t ex "Rössing Uranium Ltd. assumes a considerable social responsibility for its employees, their health, safety, and education." Däremot står det inte vad uppgiften baseras på, det gör att man helt enkelt måste lita på att det företag som har certifierat rapporten har kontrollerat uppgiften ordentligt. Det hade varit mer trovärdigt ifall redovisningar skedde öppet och andra grupper som är påverkade av uranbrytningen fick komma till tals. Som tex fackföreningar, kommunala myndigheter runt gruvan, NGOs, etc.

En sak som bör nämnas vad gäller trovärdigheten är att Sydkraft kommer fram till att bränsleledet står för 93-95 % av emissioner av toxiska ämnen, medan Vattenfall kommer fram till att den största delen av utsläppen av toxiska ämnen härrör från brytningen av råmaterial avsett för byggandet av kärnkraftverken och anläggningarna för avfallshanteringen. Vattenfall däremot drar slutsatsen att den största delen av de toxiska emissioner kommer från gruvdriften av det material som krävs för att uppföra kärnkraftverken. Vi tolkar detta som ytterligare ett tecken på bristande trovärdighet i LCA-systemet, eftersom Sydkraft och Vattenfall kan dra olika slutsatser, när deras verksamhet är så likartad.

## 7.5 ExternE

Utredningen ger en god bild över brytningen i Frankrike. Processen går igenom så pass noggrant att det kan anses täcka in stora delar av brytningsprocessen. En ordentlig genomgång av möjliga transportvägar för radionukleider genom olika typer av näringsväv har genomförts. Tyvärr ligger fokus väldigt mycket på mänsklig påverkan och eftersom påverkan på ekosystem anses svårbedömt slår utredningen in på samma spår som Sydkraft och Vattenfall då de gör sina livscykelanalyser. Frågan är hur stora externa kostnader som ligger i förlorade ekosystemtjänster eller hälsoeffekter pga exempelvis bioackumulation eller toxiska upptag i ekosystem. Dessutom kan metodiken att enbart använda radionukleider som mått på verksamhetens utsläpp inte anses lämplig. Denna metod kommer att ge en missvisande bild då arbetet visat att stor miljöpåverkan kommer från bland annat tungmetaller och möjliga olyckor där utsläpp av radionukleider blir långt större än vid normal drift.

ExternE utredningen anser att kärnkraftens totala externa kostnader inom EU varierar mellan 2.5–7.3 mECU/kWh (2,4 - 6,9 öre/kWh räknat i 1995 års kurs och inflation inte beaktad) beroende på vilket land som granskas. Elbörspriiset för 2004 var i genomsnitt 25 öre/kWh och totalt pris utan nätavgift ca 85 öre/kWh (Elrådgivningsbyrån). Kärnkraftens externa kostnader skulle kunna täckas genom en skattehöjning med 7 öre/kWh, en relativt låg avgift i förhållande till elpriset. Denna beräknade externa kostnad framstår som mycket låg med tanke på de diversa risker som arbetet har uppmärksammat. Det är dock svårt att göra någon form av bedömning av detta resultat eftersom enbart brytningsdelen av ExternE har granskats här. Vad som dock är intressant är att jämföra kostnaderna för kärnkraften med vindkraftens externa kostnader som enligt samma utredning anses ligga på 0.37–3.3 mECU/kWh (0,35-3,1 öre/kWh räknat i 1995 års kurs och inflation inte beaktad) (Externalities of Energy).

ExternE har till skillnad från LCA ett tidsperspektiv på sin analys. Beräkningarna görs på 100 000 år, med en exponentiellt sjunkande risk för människor, ett antagande som inte kan anses vara korrekt med tanke på urans strålningsegenskaper och ackumulation i ekosystem över tid. Dessutom anses alla långtidskostnader försvinna ur kalkylerna då diskonteringsränta på 3 eller 10 % används, vilket gör kostnaden än lägre.

De externa kostnaderna för brytningssteget är så pass låga att de nästan blir försumbara i den totala kostnaden. De är omöjligt att här bedöma denna kostnads giltighet.

## 8 Slutsatser

Det har varit enkelt att hitta exempel på stor miljöpåverkan av uranbrytning från gruvor som tidigare har varit i drift. Exempel från öststater har varit många och tydliga. Gruvor som idag är i drift har varit svåra att hitta oberoende information om, vilket tyder på en stor kunskapsbrist angående hur modern uranbrytning påverkar miljön. Brytningsmetoder och avfallshantering har utvecklats, troligen som en följd av regleringar som införts de sista decennierna. Kärnkraftsdebatten under 70–80-tal har antagligen tvingat fram dessa regleringar. Uran uppfattas som extra farligt pga dess strålningsegenskaper, men i själva verket skiljer sig inte denna typ av brytning särskilt mycket från annan gruvverksamhet. Skillnaden är de långsiktiga risker som utsläpp av uran och andra radionukleider i naturen medför. Förutom radionukleider är utsläpp av tungmetaller, syra och andra typer av grundvattenföroreningar stora problem. Alla dessa utsläpp leder till degradering av ekosystem och förhöjda hälsorisker för människor. Risker för ekosystem kan anses ändlig och reversibel

över tid, medan hälsoeffekter bara kan förvärras i princip i oändlighet. Dessutom medför alltid brytning och anrikning av uran risk för proliferation, alltså spridning av kärnvapen.

LCA och EPD kan inte anses vara effektiva verktyg för beskrivning av miljökonsekvenserna för brytning av uran. Anledningen är att det är dålig yttre insyn i själva undersökningen och det behövs en bättre och mer omfattande tredjepartsgranskning. Gruvbolagen har hittills inte genomfört egna LCAer varför allt bakgrundsmaterial till energibolagens analyser är partsinlagor från uranförsäljarna. Dessutom tas inte effekter över tid med i analysen. Detta gör att framtida kostnader och påverkan inte kan uppskattas. Tex då gruvan inte längre har någon produktion utan bara kostnader för avfallsförvaring och hantering, plus eventuella olyckor eller oförutsedda konsekvenser.

Det faktum att ExternE-utredningen enbart undersöker en gruva i Frankrike gör att resultaten inte kan anses återspegla externa kostnader för en hel industri. Tex tas inte kostnader för att restaurera området i Gabon som nämns ovan upp. Det hade varit mer relevant att undersöka varje gruva för sig. Detta skulle bättre återspegla de lokala förutsättningar som råder vid respektive lokal. Även om detta kan anses vara ett stort arbete, kan inte en ordentlig uppskattning av externa kostnader för uranbrytning göras om inte skillnaden i olika gruvors skötsel och ekologiska förutsättningar tas i beaktande.

Slutligen kan nämnas att priset på uran övergick den magiska gränsen 20\$/lb (ca 44\$/kg) under 2004. Detta har lett till nyprospekteringar, öppnande av nya brott, utökande av befintliga brott samt återöppnande av gamla brott. Detta är ett trendbrott på uranmarknaden som haft en stadig nedgång sedan oljekrisen.

## 9 Källor

- Au, W.W., McConnell, M.A., Wilkinson, G.S., Ramanujan, V.M.S., Alcock, N. Population monitoring: experience with residents exposed to uranium mining/milling waste. *Mutation Research* 1998; 405:237-245
- Bernes, C. Arktisk miljö i Norden – orörd, oexploaterad, förorenad? Naturvårdsverket Stockholm, 1996
- European Commission. ExternE Externalities of energy. Volume 5 Nuclear. Office for Publications of the European Communities 1995, Luxembourg chapter 1,2, 4
- Fernandes, Horst M., Veiga, Lene H.S., Franklin, Mariza R., Prado, Valeria C.S., Taddei, J. Fernando. Environmental impact assessment of uranium mining and milling facilities: A study case at the Poços de Caldas uranium mining and milling site, Brazil. *Journal of Geochemical Exploration* 1995; 52:161-173
- Fernandes, Horst M., Veiga, Lene H.S., Franklin, Mariza R. Acid rock drainage and radiological environmental impacts. A study case of the Uranium mining and milling facilities at Poços de Caldas. *Waste Management* 1998; 18: 169-181
- Goldstick, M., Törnqvist, M. Dödens sten. En bok om uranbrytning. Energiflödet 1991, Stockholm
- IAEA. The Long-Term Stabilisation of Uranium Mill Tailings.  
<http://www.iaea.org/programmes/ne/nefw/crp1/CRPL-TStabFinRepV31.pdf>, Draft 3.1 2003
- Mudd, G. M. Critical review of acid in situ leach uranium mining:1. USA and Australia. *Environmental Geology* 2001; 41:390-403
- Mudd, G. M. Critical review of acid in situ leach uranium mining:2. Soviet block and Asia. *Environmental Geology* 2001; 41:404-416
- Piper, L., Ryding, S., Henricsson C. Ständig förbättring med ISO 14001, SIS Förlag 2004
- Schnelbögl, H. Long-term Consequences of Uranium Mining,  
<http://www.nor.com.au/community/future/comingsoon1.html>, 2000
- Sydkraft AB. Livscykelanalys - Miljöpåverkan från Sydkrafts elproduktion 1999. Malmö, 2000
- U.S. Environmental Protection Agency. Technical resources document. Extraction and beneficiation of ores and minerals volume 5. Washington, DC 1995
- Vattenfall AB. Certified Environmental Product Declaration of Electricity from Forsmarks Kraftgrupp AB, Stockholm 2004

### Internet

All fakta från nedanstående källor har hämtats under v. 8-10 2005.

Chemcases [www.chemcases.com](http://www.chemcases.com)

Elrådgivningsbyrån [http://www.elradgivningsbyran.se/artikel/elbors.asp?\\_tp\\_article\\_id=136&avd=ART\\_AOP](http://www.elradgivningsbyran.se/artikel/elbors.asp?_tp_article_id=136&avd=ART_AOP)

Europeiska unionen [http://europa.eu.int/comm/budget/inforeuro/index.cfm?fuseaction=currency\\_historique-&currency=167&Language=en](http://europa.eu.int/comm/budget/inforeuro/index.cfm?fuseaction=currency_historique-&currency=167&Language=en)

Externalities of Energy <http://externe.jrc.es>

Miljöstylningsrådet [www.environdec.com](http://www.environdec.com)

Nationalencyklopedin [www.ne.se](http://www.ne.se)

Sveriges lantbruksuniversitet [www.ma.slu.se/Miljotillst/Metaller/metaller.ssi](http://www.ma.slu.se/Miljotillst/Metaller/metaller.ssi)

Uranium Information Centre [www.uic.com.au](http://www.uic.com.au)

Wikipedia [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

World Information Service on Energy [www.antenna.nl/wise](http://www.antenna.nl/wise)

World Nuclear Association [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)

### Intervjuer

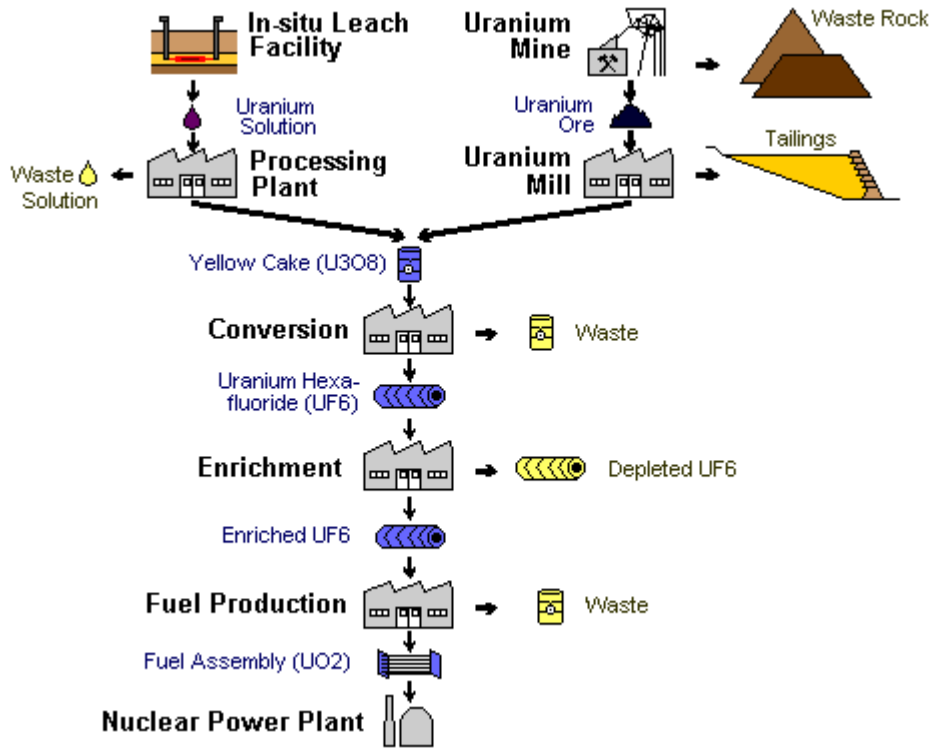
Philip Peck, muntlig intervju, IIIIEE Lund, 01/03 2005

Birgit Bodlund, Vattenfall, 07/03 2005

Sven Nordlöv, Sydkraft, 09/03 2005

# Bilaga 1:

Kärnbränslecykeln exkl. slutförvaring (WISE).





## Bilaga 2:

Tabell över ämne i lixivinatens vid ISL-lokaler i forna Sovjetunionen (Mudd, 2001).

**Table 1**  
Leaching solution and groundwater quality at various Former Soviet Union ISL mines (mg/l, except redox in mV and <sup>226</sup>Ra in Bq/l). T Total

	Bulgaria	Stráz Pod Ralskem, Czech Rep.	Königstein, eastern Germany		Former Soviet Union		Bukinaii, Uzbekistan	Yining, China
			Leach	GW	Acid	Alkaline		
TDS	15,000–20,000	50,000–100,000					33–45	
pH	1.4–2.0	0.5	1.9	6.7			1.0–2.0	1.26
Redox								+652
Acid <sup>a</sup>		15,000–38,000						
SO <sub>4</sub>	10–12	33,000–80,000	1,500	4.3	17,000–25,000	2,000–3,000	46,600	22,800
S <sup>2-</sup>								2.72
CO <sub>2</sub> <sup>b</sup>								0.99
HCO <sub>3</sub>			5	12		500–2,500		
NH <sub>4</sub>		1,000–2,000				400–600	533	
NO <sub>3</sub>		200–1,400	63	8.4			750	
Cl					400–600	500–1,200	300	762
F		100–300						5.2
P		50–150						
PO <sub>4</sub>							580	22
Ca	140–600	200–300	201	6.6	400–600	700–800	730	17
Mg	140–330	20–30	11.5	1.1	300–500	100–300	2,400	140
Na	30–900	10–15	49	3.9	50–150	200–750	650	172
K	30–200	40–70	3.1	1.5	25–100	25–400	570	28
Al	310–840	4,000–6,000			500–800		2,860	323
Fe <sup>(T)</sup>	700–2,200	500–1,500						
Fe <sup>2+</sup>					400–1,000		3,300	377
Fe <sup>3+</sup>					800–1,500		1,500	440
Mn	6–61						100	8.4
SiO <sub>2</sub>	210–350	100–200					560	
As								0.1
Ba							2.05	
Ce							8.35	
Cd								0.04
Co							5.6	
Cr <sup>(T)</sup>		5–15					4.05	0.74 <sup>c</sup>
Cu							1.07	0.5
La							3.15	
Li							6.2	
Mo					10–40			2.4
Nd							4.85	
Ni		20–30					12.3	1.3
Pb							1.13	0.67
Rb							8.0	
Re					0.2–0.5			3.1
Sb								0.4
Sc					0.15–0.6			1.86
Se					50–60			0.001
Sr							8.2	
Ti							3.44	<1
V	1–18	10–15			10–40		2.65	4.8
Y							5.67	
Zn	2.1–7.3						17.5	0.88
<sup>226</sup> Ra	1–2	50–90			3.7			
U	5–30	20–500	46.9	0.009			86	75
Rare earths					10–40			

<sup>a</sup>Free acid as H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

<sup>b</sup>Free CO<sub>2</sub>

<sup>c</sup>Cr<sup>6+</sup> 0.1

## Bilaga 3:

Exempel på regleringar rörande uranavfallsdeponier från USA:s naturvårdsverk (EPA) och kärntekniska inspektion (NRC) (egen översättning från sammanställning av WISE).

<b>EPA:s standards för uranavfalls deponier (40 CFR 192)</b>			
Tidsgräns för deponins funktion		målsättning	1000 år
		minimum	200 år
Rd <sup>222</sup> utsläppstakt I utomhusluft (exkl bakgrund)		20 pCi/m <sup>2</sup> s = 0,74 Bq/m <sup>2</sup> s	
Rd <sup>222</sup> koncentration i utomhusluft		0,5 pCi/l = 18,5 Bq/m <sup>3</sup>	
<b>EPA:s standards för jord</b>			
Ra <sup>226</sup> koncentration översta 15 cm (exkl bakgrund)		5 pCi/g = 0,185 Bq/g	
djupare än 15 cm		15 pCi/g = 0,555 Bq/g	
<b>NRC:s standards för grundvatten vid avfallsdeponier (10 CFR 40)</b>			
Ag 0,05 mg/l	As 0,05 mg/l	Ba 1,0 mg/l	Cd 0,01 mg/l
Cr 0,05 mg/l	Hg 0,002 mg/l	Pb 0,05 mg/l	Se 0,01 mg/l
Summa Ra <sup>226</sup> , Ra <sup>228</sup>		5 pCi/l = 0,185 Bq/l	
Netto α-strålningsaktivitet (exkl Rd och U)		15 pCi/l = 0,555 Bq/l	
<b>EPA:s standards för grundvatten vid nedlagda brott av alla typer</b>			
Mo 0,10 mg/l		NO <sup>3-</sup> 44,29 mg/l)	
Summa Ra <sup>226</sup> och Ra <sup>228</sup>		5 pCi/l = 0,185 Bq/l	
Summa U <sup>238</sup> och U <sup>234</sup>		30 pCi/l = 1,11 Bq/l	
Netto α-strålningsaktivitet (exkl Rd och U)		15 pCi/l = 0,555 Bq/l	