



Från urberg till urberg – livscykel för kärnkraft

Våra kärnkraftverk producerar ungefär hälften av den el som används i Sverige. Driften orsakar näst intill inga utsläpp av växthusgaser.

Alla former av elproduktion påverkar miljön i någon omfattning. För att få en balanserad bild av olika kraftslags miljöpåverkan bör hela livscykeln beaktas. En livscykelanalys (LCA) kartlägger miljöpåverkan i ett helhetsperspektiv. För kärnkraften ger en sådan analys svar på resursförbrukning och utsläpp "från urberg till urberg". Analysen omfattar allt från uranbrytning till djupförvar av använt kärnbränsle. Analysen inkluderar såväl byggande, drift och rivning av ett kraftverk, till avfallsanläggningar för hantering av radioaktivt avfall, samt transporter mellan olika anläggningar. Livscykelanalysen av kärnkraftens miljöpåverkan kan med fördel användas för en välavvägd jämförelse med LCA för andra kraftslag. Här följer en översiktlig beskrivning av kärnkraftens livscykel.

Uran

Uran med den kemiska beteckningen U, är det tyngsta av de naturligt förekommande grundämnena. Uranet bildades i olika radioaktiva former (isotoper) av vilka två finns kvar idag – uran 238 och uran 235. Det är uran 235 som efter anrikning kan klyvas genom bestrålning med långsamma neutroner och möjliggöra en kedjereaktion i en kärnreaktor. Uran är en vanligt förekommande och svagt radioaktiv tungmetall som finns i låga halter i jordskorpan och i haven. Genom processer i jordens utveckling har ansamlingar av uranmineral bildats på sina håll i världen som är brytvärda. Den viktigaste uranmineralen är oxiden uranit som innehåller urankristaller (pechblände) och det är inte ovanligt att uran påträffas tillsammans med andra metaller såsom guld, silver och koppar.

Uran är inte en förnybar energikälla som vind- och vattenkraft, men tvärtom vad många hävdar, så tillhör uran kategorin uthållig energikälla, till skillnad mot kol, olja och naturgas. En viktig orsak till detta är att tillgångarna på uran är mycket stora i förhållande till användningen. Man beräknar att uranet räcker som reaktorbränsle i tusentals år. Med utgångspunkt från världens nuvarande kärnkraftsproduktion, så räcker kända lättillgängliga urantillgångar uppåt hundra år. Tidigare räknade man att de kända lättillgängliga urantillgångarna skulle räcka i 50 år, men med prishöjningar, så ökar uthålligheten. Med en fördubbling av uranpriset, så beräknas uthålligheten av kända tillgångar av uran bli uppåt 10 gånger större. Detta då det blir lönsammare att utvinna svårtillgängligare uran. Dessutom utvecklas nya reaktortyper som kan utnyttja uranet mycket effektivare. I det perspektivet har uranet en uthållighet på tusentals år.

Uranmalm bryts kommersiellt i mer än 15 länder och i de länder där uran utvinns har regeringarna stiftat lagar och förordningar som reglerar verksamheten. Reglerna syftar till att skydda miljön och för att se till att tillräckliga säkerhetsåtgärder vidtas. Sådana regler grundas på principer som införts genom internationella överenskommelser. För gruvföretagen är det ett minimikrav att uppfylla dessa regler och i många fall inför de bättre skydd än vad som behövs enligt reglerna.

Bränsleframställning

Den största delen, cirka 80 procent, av kärnkraftens miljöpåverkan sker vid framställningen av bränslet. Framställningen av bränslet kan delas in i processtegen uranbrytning, konvertering, anrikning och bränsletillverkning. Åtgången av el och bränslen i de olika processtegen är här avgörande och kan liknas vid annan malmförädling. Vid uranbrytning uppstår, på samma sätt som vid annan gruvbrytning, en lokal förändring av landskapet (dagbrott och underjordsgruvor). För att minimera denna landskapsförändring har gruvföretagen en handlingsplan för återställande

av marken efter avslutad gruvdrift. Både i Sverige och i andra länder ställer kärnkraftsföretag stora krav på att leverantörer i bränslekedjan tar ansvar för sin verksamhet i en vidare mening. Utöver att gruvföretagen tar ansvar för verksamheten ur ett miljöperspektiv, så handlar det exempelvis om krav på goda arbetsförhållanden, samverkan med omgivande samhälle etc. Att kraven efterlevs kontrolleras bland annat genom att kärnkraftsföretagen gör platsbesök (auditeringar) hos leverantörerna, exempelvis inom ramen för projekt "Kärnbränsle och miljö" eller "The Uranian Institute" som är en internationell sammanslutning av cirka 80 företag från 18 länder med koppling till kärnbränsle och kärnavfall.

Leverantörer

Några stora aktörer inom bränsleområdet är företagen Cameco, ConverDyn, Urenco och Nukem. Nukem är ett tradingföretag som säljer uran för alla steg i förädlingskedjan. Detta uran kommer främst från Kazakstan, men företaget kan även leverera från andra länder om behov finns. Företaget Cameco är en av världens största uranproducenter med gruvor i Kanada, USA och Kazakstan. Företaget har även intressen i australiska gruvor och i ett antal andra länder. Tidigare gjorde Cameco, som står för cirka 20 procent av världens uranproduktion, konverteringen från triuranooxid (U_3O_8) till uranhexafluorid (UF_6) för kärnkraftföretaget OKG AB, men idag sköts konverteringen av uran av amerikanska ConverDyn. Cameco levererar idag bara natururan till OKGs leverantörer. OKG köper i nuläget också en del färdigkonverterat uran från Nukem. Det konverterade uranet går sedan till anrikning, till vilket OKG anlitar företaget Urenco. OKG, som producerar cirka 10 procent av Sveriges totala elförsörjning, har behov av cirka 430 ton natururan per år för driften de tre reaktorerna.

Konvertering och anrikning

Efter brytning behandlas uranmalmen med bland annat svavelsyra och ammoniak i ett uranverk för att utvinna uranoxid. Denna verksamhet ger en del radioaktiva avfallsprodukter, såsom sand och avloppsvatten. Det senare renas, medan de fasta restprodukterna deponeras på ett sådant sätt att utsläppen håller sig kring nivån för den naturliga bakgrundsstrålningen. Den utvunna uranoxiden transporteras därefter till en anläggning där den konverteras till uranhexafluorid (UF_6).

Materialet transporteras sedan till en anrikningsanläggning, där andelen av den klyvbara isotopen uran 235 ökas från 0,7 % till 3-4 % via en serie av kemiska processer. Resultatet blir urandioxid (UO_2) som är ett svart pulver. Anrikningen gjordes tidigare främst i USA och Sovjetunionen, men sker nu huvudsakligen i Frankrike, Holland, Storbritannien eller Tyskland. Vid anrikningen förekommer två metoder, gasdifusionsprocessen, som är mycket elkrävande, och gascentrifugprocessen, som har betydligt lägre elbehov. Majoriteten av det bränsle som används i svenska kärnkraftverk produceras med den senare metoden.

Det svarta uranpulvret pressas till små cylindriska kutsar, vilka utgör själva bränslet för kärnkraftverken. De små kutsarna hettas upp så att de blir hårda (sintring) och kan därefter slipas till rätt dimension. De fylls sedan i rör av metallegeringen zirkaloy och blir till bränslestavar. Varje stav är cirka 3,7 meter och innehåller 300-370 kutsar. Stavarna, mellan 64-100 beroende på reaktortyp, monteras ihop till knippen i så kallade bränsleelement. I en svensk kokvattenreaktor finns exempelvis 400-700 bränsleelement som innehåller sammanlagt upp till 70 000 bränslestavar.

Strålmiljö

Den radioaktiva strålningen vid framställning av bränslet, vid drift och vid avfallshantering, ligger långt under de gränsvärden som myndigheterna fastställt. Kärnkraftverkens gränsvärde för utsläpp av joniserande strålning till omgivningen är exempelvis 0,1 milliSievert (mSv). Som en jämförelse, så ger den naturliga bakgrundsstrålningen i genomsnitt 1 mSv/år.

I Sverige tar varje person emot cirka 4 mSv per år, eftersom vi ständigt omges av joniserande strålning från exempelvis berggrunden och från atmosfären. För personer i strålningsarbete, såsom exempelvis anställda vid kärnkraftverk eller inom sjukvården, så har myndigheterna satt en absolut övre gräns på 50 mSv/år, samtidigt som man begränsar dosen till 100 mSv/5 år. Det är dock ytterst sällan någon får en årsdos nära eller över 20 mSv. Genomsnittsdosen för personal vid svenska kärnkraftverk ligger på omkring 2 mSv per år, ungefär samma dos som flygande personal beräknas få (2-5 mSv/år).

Byggnation, drift och rivning

När ett kärnkraftverk byggs sker den största resursförbrukningen vid tillverkningen av stål, betong och andra bygg- och konstruktionsmaterial. Själva driften av ett kärnkraftverk, som har en livslängd på cirka 60 år, ger praktiskt taget inga utsläpp av växthusgaser alls. Den största påverkan på miljön är uppvärmt vatten. För att kyla processen används helt vanligt havsvatten. Detta kylvatten värmer upp det omedelbart närliggande havet med cirka 10 grader. En följd av denna temperaturökning är att det lokalt är större tillgång av fisk vid kraftverken. Det uppvärmda havsvattnet är dock inte radioaktivt eller förorenat på något annat sätt, utan går att bada i.

När ett kärnkraftverk rivs, så består det aktiva rivningsavfallet av bland annat reaktordelar och material som varit utsatt för strålning. Huvuddelen av rivningsmaterialet är medel- och lågaktivt avfall som hålls isolerat i upp till 500 år. Vissa reaktordelar är högaktiva och dessa hanteras tillsammans med det använda kärnbränslet. Det högaktiva bränsleavfallet mellanlagras i Sverige i en anläggning vid namn Clab (vid OKG) i omkring 40 år. Först därefter placeras detta avfall i ett

slutförvar i urberget (Östhammar), efter att först ha kapslats in i koppar och stål i en kapselanläggning.

Ett kärnkraftverk är i många avseenden en traditionell industri med konventionell miljöpåverkan. Det är främst konventionella sopor, kemikaliehantering och transporter som bidrar till utsläpp. Exempelvis så är OKG certifierat enligt ISO 14001:2004 och arbetar, i likhet med andra kärnkraftverk i Sverige, systematiskt för att reducera miljöpåverkan, exempelvis genom källsortering och genom att ta hand om oljor, lösningsmedel och andra kemikalier på ett riktigt sätt.

En jämförelse mellan olika kraftslag

Tack vare livscykelanalyser kan miljöpåverkan från olika kraftslag jämföras. Vi har i den här översiktliga beskrivningen av kärnkraftens livscykel valt att inte gå in på detaljnivå beträffande sifferredovisningar och jämförelser mellan olika kraftslag. Men, om man exempelvis väljer att jämföra bränslet för kärnkraft respektive det för kolkraft, så krävs det cirka 50 kg uranmalm för att producera 8 000 kWh el med kärnkraft, medan det krävs cirka 3 000 kg stenkol för att producera motsvarande mängd el med kolkraft. Utsläppen av koldioxid för produktion av 8 000 kWh el genom kolkraft ligger på cirka 7 000 kg koldioxid, medan motsvarande utsläpp för kärnkraft enbart ligger på cirka 20 kg. Kärnkraften har i detta perspektiv tydliga miljöfördelar och är i det närmaste klimatneutral. En annan jämförelse är att 1 mg uran har samma energiinnehåll som 1 liter olja eller bensen, eller 1 kg torv, ved eller kol.



Det går dock inte att ge något entydigt svar på vilket kraftslag som är bäst ur miljösynpunkt. Alla kraftslag påverkar miljön på ett eller annat sätt. För vissa kraftslag är byggfasen avgörande, för andra är bränsleproduktionen avgörande. Generellt kan man emellertid konstatera att kärnkraft, vattenkraft och vindkraft är de produktionstekniker som ger minst utsläpp av koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider, medan gasturbiner och oljekondensverk orsakar de största utsläppen, sett ur ett livscykelperspektiv. Dessa kraftslag används därför i huvudsak som reservkraft i Sverige. Den svenska modellen med huvudsakligen vattenkraft (cirka 45 procent) och kärnkraft (cirka 45 procent) innebär att vi har ett förhållandevis rent och kostnadseffektivt energisystem med låga utsläpp av fossila ämnen i vårt land. Resterande krafttillförsel kommer från värmekraft (cirka 9 procent) och vindkraft (cirka 1 procent).

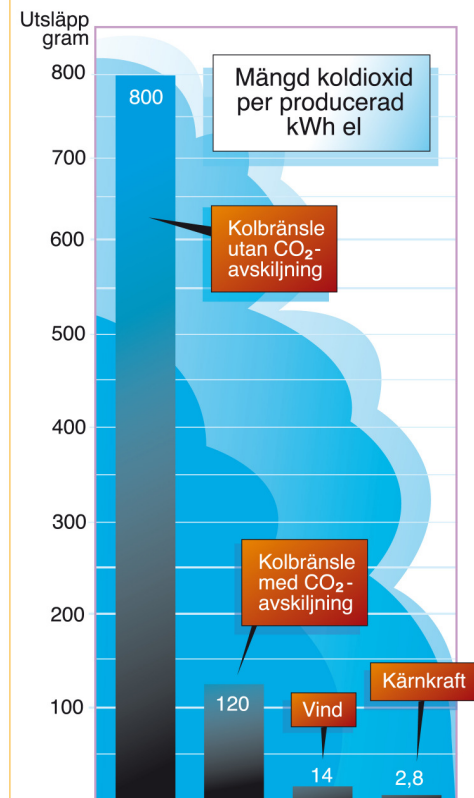
Miljövarudeklarationer

De globala utsläppen av koldioxid kommer att öka åtminstone fram till mitten av detta sekel. År 2005 uppgick dessa utsläpp till nästan 29 Gton och elproduktionen svarade för 40 procent av denna klimatpåverkande volym. Den framväxande och framtida elproduktionen bör därför kännetecknas av mycket låga utsläpp av koldioxid.

Företag och organisationer får ett allt större behov av att på ett sakligt och trovärdigt sätt redogöra för hur deras verksamhet påverkar växthuseffekten. När det gäller att bedöma de miljömässiga konsekvenserna av olika elproduktionsformer har man stor nytta av att utgå från så kallade miljövarudeklarationer (EPD). Dessa granskas och registerhålls i Sverige av Miljöstyrningsrådet. Figuren här intill har hämtats från denna myndighets hemsida och deras information om el från vindkraft och kärnkraftsanläggningar.

Miljöstyrningsrådet har även lanserat så kallade klimatdeklarationer. Dessa baseras på internationellt accepterade vetenskapliga metoder och redovisningssätt. En klimatdeklaration är ett utdrag ur en miljövarudeklaration (EPD) och anger varor och tjänsters samlade klimatpåverkan. En EPD är utförd enligt internationella standarder för livscykelanalyser (ISO 14040 och ISO 14025) som är den viktigaste delen i en klimatdeklaration. Genom registrering kan vem som helst ta del av informationen.

Figur 9.



Använda källor och ytterligare information

ECDs kärnkraftorgan Nuclear Energy Agency (NEA) publicerar en rad dokument om kärnkraft och urantillgångar. Sammanfattningar finns på hemsidan www.nea.fr

IAEA publicerar en rad faktamaterial om kärnkraften i världen och kärnbränslecykeln på sin hemsida www.iaea.org

Miljöstyrningsrådet ger ut ett antal rapporter och aktuell LCA-information inom olika områden. Dessa återfinns på www.msr.se

Analysgruppen vid KSU (Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB) ger ut skriftserierna *Bakgrund* och *Kärnkraftsfakta* som även är tillgängliga på Internet via www.analys.se