

# Människan i den svenska kärnkraften



Säkerheten, kvalitén på all utrustning och vetskapen om kärnkraftens betydelse för landets elförsörjning har skapat personligt intresserade och engagerade medarbetare. Personalomsättningen är mycket låg och sjukfrånvaron ligger på 50% av riksgenomsnittet.

*Människans möjligheter och begränsningar ger ramarna för utnyttjandet av all högteknologi. Denna insikt ligger till grund för den svenska kärnkraftindustrins strävanden efter så god anpassning som möjligt mellan individ, arbete och arbetsmiljö. I gengäld har man fått väl utbildade medarbetare, som med engagemang och intresse har konstruerat och drivit det svenska kärnkraftsprogram, som utländska experter och politiker söker sig hit för att studera. Bl a gäller besöken våra system för filtrerad tryckavlastning, 30-minutersregeln för åtgärder vid störningar och lösningarna på avfallsområdet.*

Under de senaste 10 åren har vi tagit djupa intryck av Harrisburg och Tjernobyl, två kärnkraftolyckor som blivit globala angelägenheter.

Här i Sverige har händelserna skapat debattargument för avveckling: "Kärnkraftanläggningar är oförutsebara explosionshärda. Arbetsmiljön är omänsklig och kräver supermänniskor. Olyckshoten skapar stress och ökar risken för felgrepp - mänskliga faktorn".

Hur mycket sanning ligger bakom dessa påståenden? Och gäller de även för svenska förhållanden?

Svaret är nej, och förklaras av de skillnader som finns mellan å ena sidan de svenska kärnkraftverken, å andra sidan Harrisburg eller Tjernobyl.

## Mänskliga faktorn

Det är i grunden meningslöst att skylla på den mänskliga faktorn när exempelvis ett tåg spårar ur.

Nästan alla systemfel härrör från mänskliga felgrepp, antingen de ligger i organisationen, konstruktionen, produktionen eller underhållet.

Insikter om den mänskliga faktorn har uppstått ur ergonomi, vetenskapen om att anpassa maskinerna till operatörens kompetens och begränsningar - särskilt i pressade situationer.

Därför måste människan ses både som resurs och risk i komplicerade processindustrier, inte som en kugge i ett operonligt produktionsmaskineri. Allt går ut på samspelet *människa-maskin*.

I västvärlden har bl a denna insikt resulterat i en uppbyggnad av särskilda tekniska skyddsnet, som verkar på flera nivåer.

### **Harrisburg**

I gryningen den 28 mars 1979 stoppades alla turbiner och ordinarie matarvattenpumpar i block 2 i kärnkraftstationen Three Mile Island, nära staden Harrisburg i Pennsylvania, USA. Detta var inget onormalt.

Därefter följde en hel serie händelser av karaktären "olyckliga omständigheter". Resultatet blev en totalförstörd reaktor och en uppmärksamhet från allmänhet och press som få händelser ger.

Idag, nära 10 år senare, är begreppet Harrisburg hos gemene man ofta förknippat med föreställningen om att en katastrofal reaktorolycka inträffade den gången, med stora skador på människor i omgivningen. I själva verket var de radioaktiva utsläppen vid detta tillfälle så låga, att de saknar betydelse från hälsosynpunkt.

De tekniska skyddsneten hade alltså förhindrat att det blev en omgivningsolycka.

Men för befolkningen i närheten av anläggningen däremot blev de psykologiska konsekvenserna i många fall allvarliga, och de saknar inte betydelse idag, när man vill förklara allmänhetens inställning till kärnkraften.

Den mängd stora och långa utredningar om haveriets förlopp och orsaker som startade våren 1979 kom till stor del att handla om mänskligt beteende i komplicerade tekniska processer, vid haverier och under stress.

En av de amerikanska utredningarna (den s k Kemeny-kommissionen) riktade stark kritik mot bl a:

- Instruktionerna till driftpersonalen
- Operatörernas utbildning
- Kontrollrummens utformning
- USA:s kärnkraftinspektion (NRC)

Den svenska Reaktorsäkerhetsutredningen konstaterade att en del av kritiken gällde specifikt amerikanska förhållanden: relationen mellan kärnkraftföretag och tillsynsmyndigheter är exempelvis annorlunda än i Sverige.

Operatörsutbildningen i USA nådde heller inte upp till den svenska nivån. De svenska kontrollrummen har redan från början haft ett mera överskådligt utförande.

### **Flera tekniska skyddsnet**

Icke desto mindre ansåg Reaktorsäkerhetsutredningen att flera åtgärder med anknytning till samspelet *människa-maskin* borde vidtas också i Sverige. De gällde bl a:

- Utbildning
- Processövervakning
- Förbättring av drifrutinerna.

Därutöver ville man införa ännu flera skyddsnet för att lindra konsekvenserna av eventuella haverier (filtrerad tryckavlastning).

Samtliga åtgärder vidtogs omedelbart av den svenska kraftindustrin. Större ombyggnader, såsom systemen för filtrerad tryckavlastning, är redan förverkligade.

---

*Härigenom kan, från och med september 1988, alla svenska kärnkraftverk, alltifrån Barsebäck till Forsmark, enligt regeringsbeslut från år 1986, begränsa eventuella utsläpp av radioaktiva ämnen som kan ge markbeläggning - även vid ett svårt reaktorhaveri - till högst 0,1% av reaktorns innehåll.*

*Inte ens en mycket svår reaktorolycka skall kunna resultera i nämnvärda skador på omgivningen.*

---

Grundorsaken till den stora uppmärksamhet som begreppet *människa-maskin* fick i utredningarna efter Harrisburg-haveriet var de tidigare omnämnda "olyckliga omständigheterna". Personalen gjorde före och under olyckan flera grundläggande fel, beroende på brister i arbetsdisciplin, utbildning och i tillgängliga instruktioner och instrumentering. De senare gav möjligheter till misstolkningar.

### **Tjernobyli**

Den avsevärt svårare Tjernobyli-olyckan i april 1986, hade även den starka inslag av mänskligt felhandlande. Denna gång av långt allvarligare slag. Olyckan resulterade i drygt 30-talet dödsoffer, många hundra strålskadade, total förstörelse av reaktorn och radioaktiv markbeläggning av stora landområden.

Tungt vägande orsaker till Tjernobyli-olyckan var systemkonstruktionen och den ryska säkerhetsfilosofin. Mycket tyder på (dock inte klart uttalat) att den ryska säkerhetsfilosofin bl a har sin grund i att en reaktorolycka - från samhällets synpunkt - inte skiljer sig till karaktären från andra stora industriolyckor, med samma konsekvenser i form av förluster i människoliv eller skador på personer, anläggningar och omgivning.

### **Människa - maskin**

Den mänskliga faktorn, som går under olika benämningar som "olyckliga omständigheter", "slarv" eller, som i Harrisburg-fallet, "operatörs-missgrepp", har i alltför stor utsträckning kommit att förknippas med människors olämpliga beteende. Självfallet kan mänskliga initiativ och ingrepp i rätt tid och på rätt plats också bryta en olycklig utveckling i samband med en störning.

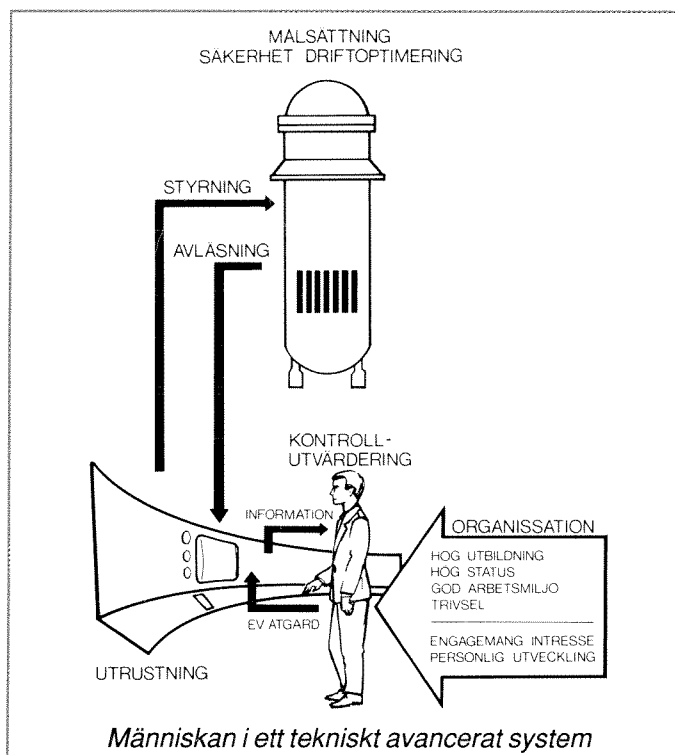
När vi i detta sammanhang talar om den mänskliga faktorn eller begreppet *människa-maskin*, avser vi ett samspel där begreppet maskin oftast står för komplicerade tekniska system eller processer och där detta samspel måste fungera även i pressande situationer.

Den mänskliga faktorn spelar sin viktiga roll i kärnkraftindustrin genom att det naturligtvis är människor som konstruerar, underhåller och driver kärnkraftverken.

Denna faktor är inte vilken komponent som helst: den utgörs av människor i "systemet" som bidrar positivt, men ibland också negativt, till systemets tillförlitlighet och säkerhet.

Den "mänskliga faktorn" kan påverka säkerheten på ett flertal sätt:

Människan påverkar säkerhetsfunktionernas tillförlitlighet genom kvaliteten på underhållsarbetet. Operatören kan ingripa i processen och därigenom förhindra - men också åstadkomma fel. De automatiska säkerhetsfunktionerna kan få mänsklig hjälp, om de inte fungerar som avsett.



### Fordrar kärnkraften ofelbara människor?

Nej, naturligtvis inte! I den kärnkraftdebatt, som startade efter Harrisburg-haveriet och som åter blossade upp efter Tjernobyl-olyckan, har då och då hävdats, att kärnkraften skulle fordra felfria människor.

Detta är fel. Vem är intresserad av en teknik som inte kan drivas av normala människor? Duktiga människor krävs i många sammanhang - men aldrig ofelbara. Kravet på ofelbarhet är en politisk konstruktion som inte har någon täckning i verkligheten. Detta framgår av den säkerhetsprincip som ligger till grund för våra kärnkraftverk och som kallas djupförsvaret.

### Djupförsvaret

Detta verkar på tre nivåer:

**Nivå 1** kallas den haveriförebyggande nivån, och den innefattar stora säkerhetsmarginaler i konstruktionen, liksom kvalitetskontroll och provningsprogram.

På denna nivå ligger också de villkor, som ställs på personalen: hög kompetens (ej ofelbarhet!), återkommande utbildning och träning samt klara och entydiga driftinstruktioner.

**Nivå 2** är den haverimotverkande nivån som skall fånga upp de fel, som kan inträffa trots höga ambitioner på nivå 1.

Den haverimotverkande nivån består av ett stort antal högt automatiserade säkerhetssystem, utformade efter tre principer:

*Övertalighet* (redundans). Flera system för en och samma säkerhetsuppgift.

*Mångfald* (diversifiering). De övertaliga säkerhetssystem, som har samma uppgift, bygger på olika fysikaliska lagar.

*Rumslig separation*. Eldsvåda eller fysisk åverkan i ett rum skall inte kunna slå ut alla säkerhetssystem.

Detta finmaskiga skyddsnät har gjort det möjligt att införa den s k "30-minutersregeln" som från början var unik för Sverige: oavsett vilken störning som inträffar behöver inte operatörerna ingripa under den första halvtimmen. Det innebär, att åtgärder kan vidtas under lugna och trygga förhållanden i en situation som annars kunde ha skapat stress och därav betingat felaktigt beteende.

**Nivå 3** kallas den konsekvenslindrande nivån. Den avser sådana - ytterst osannolika - fall där varken den haveriförebyggande eller haverimotverkande nivån kunnat avvärja ett haveri.

Denna tredje nivå består i att reaktorerna utrustas med en reaktorinneslutning, som hindrar frigjord radioaktivitet att nå omgivningen (trycktäta väggar av stål och en meter tjock armerad betong, samt stora vattenmängder, som binder lättlösliga ämnen såsom jod och cesium).

En ytterligare förstärkning av denna nivå är de tryckavlastningssystem som redan finns i Barsebäck och som installeras vid alla svenska reaktorblock. Denna installation betraktas ibland som en fjärde nivå i den gällande "djupförsvarsprincipen".

### Skillnader mellan säkerhetsfilosofierna i Öst och Väst

Den haveriförebyggande nivån hade stora brister i Tjernobyl. Reaktorn hade en inneboende instabilitet som gjorde att vissa störningar kunde förstärka sig själva och därigenom orsaka att reaktorn skenade (exploderade). Materialsammansättningen ökade dessutom explosionsrisken. Kvalitetssäkringen synes ha varit dålig och simulatorutbildningen av personal minimal.

Den haverimotverkande nivån, som bl a representeras av olika avstängningssystem, kännetecknades i Tjernobyl av ett alltför trögt snabbstoppsystem i förhållande till de krav på korta reaktionstider som ställs vid vissa störningar. I förspelet till olyckan var dessutom vissa säkerhetssystem bortkopplade.

Den konsekvenslindrande nivån, som i de svenska reaktorerna består i en kraftig inneslutning, saknades i Tjernobyl. En inneslutning i svensk bemärkelse förekommer inte i denna reaktortyp. Bakom detta ligger den nämnda ryska säkerhetsfilosofin.

### Tolerant kärnkraftsprocess

Av det ovan sagda framgår att omgivningens säkerhet vid de svenska kärnkraftverken inte lagts i händerna på personal som är utsatt för omänskliga krav på ofelbarhet.

De västerländska kärnkraftverken är nämligen i hög grad toleranta mot felaktigt beteende från driftpersonalen:

**Grundprocessen** som sådan är både långsam och självstyrande mot säkra tillstånd ("förlåtande")

**Kärnkraftverken** tål felaktig behandling genom de flerfaldiga säkerhetssystemen

**Åtgärder vid störningar** är automatiserade i mycket hög grad (30-minutersregeln)

### Oskarshamn III

Ett svenskt exempel är den omtalade störningen i Oskarshamns tredje kärnkraftblock, sommaren 1987. Den gången inleddes en rutinprovning av styrvärdarna, vid avställd reaktor, utan att det hydrauliska snabbstoppsystemet var inkopplat, vilket var ett oavsiktligt brott mot gällande driftinstruktion. Redundanta (övertaliga) avställningssystem var dock tillgängliga.

Händelsen föranledde en grundlig undersökning av Statens kärnkraftinspektion (SKI) som konstaterade:

*"Det faktiska händelseförloppet innebar ingen risk för bränsleskador. Risk för skador fanns ej heller även om det skruvstoppet inte fungerat. Vid en mycket osannolik kombination av ytterligare tekniska fel och olämplig teknisk hantering skulle begränsade bränsleskador kunnat uppstå. Detta hade medfört ekonomiska förluster för OKG men ingen ökning av hälsorisker för anställda och kringboende av betydelse jämfört med normaldriften."*

### Forskning och utveckling

Omfattande Fou-insatser har pågått i många år inom industrin, men främst inom det civila och militära flyget för att skapa bättre förståelse för samspelet människa-maskin i komplicerade processer och i stressande situationer. Efter Harrisburg-haveriet ökade verksamheten markant på kärnkraftsområdet.

*Det förtjänar kanske att påpekas att denna typ av forskning ger ökad allmän kunskap, men inte något svar på hur en enskild människa fungerar i en specifik situation.*

### Slutord

Människans betydelse för säkerheten, liksom samspelet Människa-maskin ägnas stor uppmärksamhet vid våra kärnkraftverk. Det kan konstateras att:

Kärnkraftverken är utformade för att tåla mänskligt felhandlande

Människan kan utbildas och tränas så att antalet situationer, som kan uppfattas som stressande, minimeras

Människan kan göra fel

Människan kan rätta till fel

Det djupförsvaret som präglar säkerhetsfilosofin i svensk och västerländsk kärnkraftindustri ställer krav på väl fungerande organisationer och duktiga, för sina sysslor, väl utbildade medarbetare. Men den ger också utrymme för mänskliga misstag. I den process som kärnkraftproduktion utgör, behöver människan inte vara ofelbar.

Rapporten är framtagen av analysgruppen vid KSU, i samarbete med experter inom den svenska kärnkraftindustrin och internationella organisationer.

**Göran Apelqvist** står gärna till förfogande för ytterligare information, telefon 08 739 53 39

### Analysgruppen

**Göran Apelqvist**, Utveckling/Miljö, Vattenfall  
**Arto Hamberg**, ABB Atom AB  
**Ingemar Lindholm**, Sv Kärnbränslehantering AB  
**Anders Pechan**, red sekr  
**Agneta Rising**, Ringhalsverket  
**Evelyn Sokolowski**, KSU  
**Lars Thuring**, Sydkraft AB  
**Gunnar Walinder**, Patologi/riskforskning SLU  
**Carl-Erik Wikdahl**, EnergiForum AB

### KSU - FAKTA

De svenska kraftföretagen; Forsmarks Kraftgrupp, OKG, Sydkraft och Vattenfall, har gemensamt skapat ett särskilt företag för bl a personalutbildning inom kärnkraftindustrin. Det är Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB (KSU).

Här sker träningen av kontrollrumspersonal i fullskalesimulatore, samma process som trafikpiloter måste genomgå innan de får ansvara för passagerarflygplan i luften.

Alla måste gå en grundkurs i simulator, dvs en körbar kopia av ett kontrollrum vid ett kärnkraftverk, innan de får arbeta som operatörer vid en kärnkraftanläggning. Simulatorns datorer ersätter funktioner i verklighetens kärnkraftverk och kan simulera såväl normal drift som driftstörningar. För att upprätthålla sin kompetens, måste operatörerna dessutom träna minst en vecka per år i simulator. Vid denna återträning övas bl a allvarliga störningssituationer som operatörerna troligen aldrig får uppleva i verkligheten.

Även här finns således paralleller med trafikflyget. Dock med den skillnaden att kraven på snabba ingripanden i ett kärnkraftverk inte föreligger på samma reflexmässiga sätt som för en pilot eller för den delen - en bilförare. (Jämför med den ovan nämnda 30-minuters regeln.)

### Erfarenhetsåterföring

KSU driver dessutom olika säkerhetsfrågor som lämpar sig för en samordnad insats från ägarföretagen. KSU deltar i det internationellt organiserade systemet för återföring av drifterfarenheter och analyserar information om störningar utomlands. Därefter redovisas resultat och rekommendationer så att de snabbt når personalen vid våra kärnkraftverk.

Här görs också en statistisk behandling av de störningar i svenska verk, som har inslag av mänskligt felhandlande. Den här verksamheten pågår för att kontrollera att sådana inslag håller sig på en acceptabel nivå.