

Kostnaden för nya reaktorer

Det sägs ofta i debatten att kostnaden för nya kärnkraftsreaktorer är hög och att projekttiderna är långa. Det kan konstateras att den senaste reaktor som byggdes i Sverige, Oskarshamn 3, totalt kostade omkring 15 miljarder kronor [1] och stod färdig 1985 med en produktionsförmåga om ca 1100 MW elkraft. Byggnadstiden från byggstart fram till att anläggningen började producera el var drygt fem år. Konsumentprisindex mellan 1980 [2] och 2016 är enligt SCB 316 % [3] vilket medför att kostnaden för Oskarshamn 3 i dagens penningvärde skulle bli 47 miljarder. Frågan som denna rapport behandlar är om det idag är möjligt att bygga en ny reaktor i Sverige för 47 miljarder kronor på fem år som kan producera 1100 MW elektricitet.

Inledning

Vad som är en rimlig kostnad för en ny reaktor är en komplex fråga och denna rapport avser inte att utreda detta. Det antas att ca 47 miljarder kronor med byggtid på ca 5 år och produktionsförmåga om ca 1100 MW är en rimlig kostnad för en anläggning med 60 års livslängd:

- Satsningen på en fossilfri elproduktion kan inte förväntas medföra lägre energipriser än vad som var fallet vid byggandet av Oskarshamn 3 (O3). Många av de alternativ som står till buds för en fossilfri produktion ger inte som kärnkraften en garanterad produktion när elanvändningen är hög.
- De låga elpriser vi ser i Sverige idag kan inte (utan statliga subventioner) finansiera någon ny produktionskapacitet och utgör således inte ett rimligt motargument. Beslutet om på vilket sätt Sverige skall förses med elektricitet är ett politiskt beslut. Detsamma gäller i slutändan vilken kostnad för en ny reaktor som kan anses rimlig.

Argumenten för att nya reaktorer skulle vara dyra och långsamma att bygga är ofta:

- De pågående projekten i Europa (Olkiluoto 3 i Finland och Flamanville 3 i Frankrike) visar på kostnader över 10 miljarder euro och byggnadstider på 12 år. Det antas sedan i argumentationen att detta skulle vara en representativ kostnad för byggande av en ny reaktor i Europa eller Sverige.
- De existerande kärnkraftsreaktorerna byggdes med lägre säkerhetskrav än de som tillämpas för en ny reaktor och var därför billiga. Det antas sedan i argumentationen att moderna säkerhetskrav är en huvudorsak till kraftigt eskalerande kostnader.

Den senare frågan berörs i rapporten "[Vad menas med gamla reaktorer](#)" [4] som visar på att existerande reaktorer i Sverige inte kännetecknas av låga säkerhetskrav. Frågan om utformningen av nya reaktorer finns beskriven i Analysgruppens Bakgrund "[Moderna reaktorer](#)" [5]. Det

kan konstateras att skillnaden i utformning mellan Oskarshamn 3 och ABWR (som beskrivs i "Moderna reaktorer") inte är så stor att den i sig motiverar en avsevärt högre kostnad. Slutsatsen är alltså att det som orsakar den förhöjda kostnaden och de förlängda projektiderna inte ligger i säkerhetskraven som sådana.

Bakgrunden om "Moderna reaktorer" beskriver att det finns flera olika möjliga leverantörer av en ny reaktor till Sverige och syftet med denna rapport är inte att kostnadsberäkna dessa olika alternativ för byggnad i Sverige. Det kan mot bakgrund av erfarenheterna från Olkiluoto 3 (med utgångspunkt i ett fast pris för ett turn-key-åtagande [6] från leverantören som var lägre än 47 miljarder samt med högre produktionsförmåga än 1100 MW) konstateras att en sådan kostnadsberäkning har så stora osäkerheter [7] att den saknar mening. Det väsentliga är att beskriva vilka faktorer som kan driva upp kostnaden för en ny reaktor och vad som görs för att på sikt förhindra detta.

Branschens aktörer

För att på ett enkelt sätt kunna förklara förutsättningarna för att bygga en ny kärnkraftsreaktor beskrivs i detta avsnitt förenklat vilka aktörer som är inblandade i byggandet av en reaktor samt vilken roll de olika aktörerna har [8].

- **Myndighet:** Myndigheten ställer upp säkerhetskraven och kontrollerar att den tilltänkta utformningen av reaktorn uppfyller dessa. Se vidare rapporten "[Myndighetskontroll av kärnkraftverk](#)" [9]. För Oskarshamn 3 var myndigheten det som idag är SSM.
- **Kraftbolag:** Kraftbolaget köper anläggningen för att sedan driva den och sälja producerad elkraft. Kraftbolaget är tillståndshavare och är i Sverige den som primärt samverkar med myndigheten under processen, från början av tillståndsprocessen fram till att den nya reaktorn fått drifttillstånd av myndigheten och kontinuerligt kan leverera elkraft. Kraftbolaget är sedan

ansvarig för rivning och hantering/förvar av avfall. För Oskarshamn 3 var och är kraftbolaget OKG.

- **Huvudleverantör:** Detta avser det företag som utformar reaktorn och säljer den till kraftbolaget. En kärnkraftsreaktor består av en reaktor med tillhörande system (här ingår säkerhetssystem och utformning av inneslutning och de byggnader som omsluter reaktorn) för att generera ånga samt en turbin och generator för omvandling av ånga från reaktorn till elkraft (här ingår olika hjälpsystem samt utformning av de byggnader som omsluter turbinen och generatoren). Turbinen och generatoren kan användas även för andra kraftverk som baseras på att generera ånga och leverantören av dessa kan vara en annan än den som levererar reaktor-anläggningen. "Huvudleverantör" avser alltså här det företag som utformar och säljer reaktor med tillhörande system [10]. För Oskarshamn 3 var huvudleverantören ASEA-ATOM [11] som idag ingår i Westinghouse.
- **Leverantör av reaktorkomponenter:** Begreppet reaktorkomponenter avser här komponenter som utformats av huvudleverantören och som är unika för en kärnkraftsreaktor. Exempel på sådana komponenter är reaktortanken och andra specialutformade tryckkärl med dess interna delar, ånggeneratoren (i en PWR) och kärnbränsle. Denna leverantör kan vara densamme som huvudleverantören (som normalt alltid är leverantör av kärnbränslet) eller ett från huvudleverantören separat företag. Flera olika leverantörer användes vid byggandet av Oskarshamn 3, bränsle och styrstavar/drivdon och vissa andra reaktornära komponenter levererades av ASEA-ATOM medan reaktortanken och flera av interndelarna levererades av Uddcomb Sweden AB [12].
- **Leverantör av övriga komponenter:** En kärnkraftsreaktor består till största delen av i grunden konventionella komponenter som upphandlas av huvudleverantören. Denne anger vilka krav aktuell komponent måste uppfylla och kontrollerar sedan att den levererade komponenten uppfyller dessa krav. Exempel på krav är *prestanda* (t ex vilket flöde en pump skall kunna ge), *miljö* (t ex tryck, temperatur och strålning i komponentens omgivning) och *kvalitet*. Exempel på komponenter är byggnader, rör, pumpar, ventiler, instrumentering för mätning, kontrollutrustning samt elkraftutrustning (t ex kablar, ställverk, transformatorer, och dieselgeneratorer för reservkraft). Många olika leverantörer användes vid byggandet av Oskarshamn 3, huvuddelen från Europa. Huvuddelen av kontrollutrustning och elkraftutrustningen levererades av ASEA (idag ABB).

I verkligheten finns en gråzon mellan reaktorkomponenter och konventionella komponenter där de konventionella komponenterna (i huvudsak pumpar och ventiler i nära anslutning till reaktorn) är avsevärt större än vid

leveranser till andra industrier. Detta medför att komponentleverantörens tidigare erfarenheter inte fullt ut är tillämpliga. Därför är dessa komponenter närmast att jämföra med en reaktorkomponent.

Tre olika faktorer kan identifieras som tillsammans beskriver de förändringar som avsevärt kan öka kostnaden och förlänga tidsplanen jämfört med Oskarshamn 3. Dessa tre faktorer beskrivs i kommande avsnitt. För varje faktor beskrivs:

- **Innebörden av faktorn.**
- **Orsaker till framgång:** Varför parterna vid byggande av Oskarshamn 3 kunde hantera denna faktor 1985.
- **Utmaningar idag:** Vad har ändrats sedan 1985 som kan öka kostnaden och förlänga tidsplanen beroende på aktuell faktor.
- **Förebyggande åtgärder:** Vilka åtgärder kan förhindra att faktorn får skadlig påverkan på kostnad och tidsplan för en framtida reaktor i Sverige.

Faktor 1: Hög säkerhetsnivå hos anläggningens utformning

Innebörden av faktorn

Anläggningens utformning skall ha en så hög säkerhetsnivå att den accepteras av myndighet och kraftbolag och detta skall vara klarställt innan byggande av anläggningen påbörjas.

Orsaker till framgång

Kärnkraftsindustrin i Sverige var en nationell angelägenhet. Redan år 1947 bildade staten och näringslivet (däribland ASEA) bolaget AB Atomenergi. Bolagets agenda var i huvudsak civil forskning och civilt nyttjande av atomenergins möjligheter. Det grundläggande syftet från staten var att skapa en energimix mellan vattenkraft och kärnkraft som ett fossilfritt och billigt sätt att producera energi och därmed ge grunden för arbetstillfällen i industrin. Utvecklingen från bildandet av AB Atomenergi 1947 fram till att Oskarshamn 3 stod färdig 1985 är en svensk historia av samverkan mellan staten, myndigheten, kraftbolagen och industrin [13].

Vid byggandet av Oskarshamn 3 fanns således redan en lång historia mellan myndigheten, kraftbolaget och huvudleverantören. ASEA-ATOM hade som svensk leverantör god kännedom såväl om myndighetens och kraftbolagens skrivna krav (kontrakt) som om deras önskemål.

Säkerheten förbättrades mellan varje reaktorgeneration och jämfört med tidigare anläggningar hade betydande förbättringar [14] införts för Forsmark 3/Oskarshamn 3.

Det fanns en hög målsättning i säkerhetsfrågor inom ASEA-ATOM och anläggningarna utformades enligt denna målsättning, till en del baserat på insikten att säkerhetskraven utvecklades och att det var en stor projektrisk om projektet försenades till följd av nya säkerhetskrav som medförde behov av stora ändringar i en delvis färdig anläggning.

Utmaningar idag

Under tiden mellan kontraktskrivning för Oskarshamn 1 (1966) och färdigställandet av Oskarshamn 3 (1985) satsade de flesta industriländer på kärnkraft. De stora västerländska industriföretagen (t ex ASEA i Sverige, AEG och Siemens i Tyskland samt Westinghouse och General Electric i USA) utvecklade en egen reaktorutformning [15]. Syftet med satsningarna var att kunna leverera företagets produkter vid byggandet av reaktorn. Detta medförde även att företaget kunde acceptera betydande ingenjörinsatser hos huvudleverantören för reaktorutformningen. Reaktorutformningen inriktades i första hand på hemmamarknaden men ambitionen var att även kunna exportera till andra länder. Reaktorutvecklingen var i grunden nationell och myndigheten hade möjlighet att direkt påverka utformningen; i vissa fall via formella standarder (t ex USA och Västtyskland) och i andra fall (t ex Sverige) via krav som framfördes till kraftbolag/huvudleverantör via brev eller muntligt.

Under tiden efter 1985 har marknaden för nya kärnkraftsreaktorer krympt avsevärt i Västeuropa och USA och antalet huvudleverantörer har minskat. I många fall (t ex ABB, AEG och Siemens) har den nukleära delen avyttrats. Detta betyder att antalet potentiella huvudleverantörer minskat och den nationella industrin har blivit internationell. Internationaliseringen av industrin och det faktum att huvudleverantören separerats från de stora industriföretagen betyder även att tåligheten minskat mot betydande ingenjörinsatser hos huvudleverantören för reaktorutformningen. Detta medför att det är naturligt att huvudleverantören strävar mot en standarddesign för en reaktor; inte en specialvariant av reaktorn som är unik för varje projekt.

Problematiken är alltså en situation där huvudleverantören strävar mot en standarddesign medan det i olika länder i Europa finns myndigheter som har unika nationella krav (formellt nedskrivna i publicerade standarder eller en "accepterad praxis"). I USA har politikerna insett denna problematik och skapat en ny tillståndsprocess [16] för byggande av nya reaktorer. Denna delar in tillståndsprocessen i tre delar:

- Godkännande av förläggningsplatsen.
- Godkännande av en standarddesign.

- Kombinerat byggnadslov och drifttillstånd när ett kraftbolag vill bygga en godkänd standarddesign på en godkänd förläggningsplats.

Denna process tillämpas nu för första gången vid byggande av fyra reaktorer i USA. Tillämpningen av processen har inneburit nya frågor som påverkat tidsplanen för dessa anläggningar. En väsentlig fråga i sammanhanget är hur detaljerad myndighetens granskning skall vara i olika skeden.

En annan del av problematiken ligger i att även om det finns nedskrivna krav eller standarder så är dessa i många fall (speciellt i Europa) målinriktade och beskriver inte en färdig och av myndigheten godkänd lösning. Detta medför att huvudleverantören gör en tillämpning av kraven i form av en teknisk lösning som sedan myndigheten skall granska. Olika myndigheter kan, beroende på olika nationella erfarenheter från existerande reaktorer, värdera denna tekniska lösning på olika sätt.

Förebyggande åtgärder

Den främsta faktorn i detta sammanhang är behovet av samverkan mellan myndigheterna i syfte att definiera en gemensam säkerhetsnivå som är hög men ändå rimlig [17]. En sådan gemensam målsättning är nödvändig då utsläpp av radioaktiva ämnen inte begränsas av gränser mellan länder. Detta arbete bedrivs i olika grupperingar:

- Det finns dels olika internationella och europeiska samarbetsorganisationer mellan myndigheter i syfte att harmonisera säkerhetskrav mellan länder. Internationellt är IAEA en viktig organisation i detta syfte. I Europa är WENRA den viktigaste samarbetsorganisationen mellan myndigheterna [18].
- Ett annat viktigt samarbete sker runt säkerhetsvärderingen av olika reaktorer mellan de myndigheter som har intresse av att utvärdera denna reaktor för sitt land. Detta arbete sker inom ramen för OECD i en form som benämns MDEP (Multinational Design Evaluation Programme) [19]. I MDEP ingår 14 länders myndigheter och är indelade i fem grupper som studerar olika reaktorer. Syftet är att samordna analysarbete och säkerhetsvärdering av aktuell design. Arbetet inom MDEP påbörjades 2006.
- Ett samarbete sker även mellan kraftbolagen i Europa inom ramen för EUR (European Utility Requirements) [20]. Syftet är att definiera gemensamma krav som, om reaktorn uppfyller dessa, skall medföra acceptans från kraftbolag och (enligt kraftbolagens bedömning) potential för godkännande från respektive myndighet. EUR granskar och godkänner även reaktorutformningar mot dessa krav. De flesta av de reaktorer som beskrivs i "Moderna reaktorer" har granskats och godkänts. Samarbetet inom EUR började för mer än 20 år sedan.

Det kan konstateras att en väsentlig förutsättning för en fortsatt hantering inom ramen för tidsplan och budget är att en första myndighet godkänner den första reaktorn av aktuell standardkonstruktion. Detta betyder att konstruktionen i sin helhet accepterats. Erfarenheterna tyder på att helhetsbilden kan störas av detaljer (se de följande avsnitten).

Faktor 2: Van leverantör av reaktorkomponenter

Innebörden av faktorn

En reaktor innefattar ett antal komponenter som är unika; antingen till sin utformning (storlek eller tålighet mot inre tryck och temperatur eller låg brottrisk) eller kvalitets- och materialkrav (tålighet mot miljö). Detta ställer krav på en leverantör som kan uppfylla dessa krav inom ramen för gällande tidsplan.

Orsaker till framgång

Det fanns vid byggandet av Oskarshamn 3 ett upparbetat nät av leverantörer som hade levererat till ASEA-ATOM och tidigare nordiska BWR. ASEA-ATOM tillverkade själva bränsle, styrstavar och drivdon och ett begränsat antal övriga specialtillverkade komponenter men i övrigt var leverantören av dessa komponenter Uddcomb och andra mekaniska verkstäder i Sverige eller i Europa. Det fanns inom ASEA-ATOM en avdelning för kvalitetskontroll som på plats hos dessa verkstäder kontrollerade utförandet och uppfyllandet av ställda krav. De aktuella verkstäderna var vana vid kraven sedan sina leveranser till tidigare anläggningar.

Beträffande reaktorinneslutningen så är det en byggnad med höga krav på tålighet mot höga tryck och gastäthet [21]. Det fanns i Sverige byggnadsföretag med erfarenhet av att uppföra byggnadsverk för andra ändamål med höga krav (t ex dammar och vattenkraftanläggningar).

Utmaningar idag

Det går generellt att dela in dessa reaktorkomponenter i två grupper:

- De som byts periodiskt i de reaktorer som är i drift och där tillverkarna fortsatt tillverka och leverera samma typ av komponenter. Ett typiskt exempel är bränsle och styrstavar. Det finns även exempel på komponenter som bytts relativt ofta, t ex ånggeneratorer och vissa interna delar i reaktortanken. För dessa komponenter finns det alltså fortfarande vana leverantörer. Detta innebär att ingen betydande risk finns för påverkan på kostnad eller tidsplan.

- De som normalt enbart tillverkas för en ny reaktor, t ex reaktortank och de delar som är direkt förknippade med denna. Förmågan att tillverka dessa stora komponenter [22] enligt ställda krav omfattar hela de inblandade företagens kompetens, från verkstadsgolv till organisationen i övrigt. I denna grupp ingår även vissa byggnadskonstruktioner som reaktorinneslutningen. Det har inte byggts några nya reaktorer i Europa på 30 år varför det är uppenbart att detta medför en risk för såväl tidsplan som kostnad.

Förebyggande åtgärder

Det kan i första hand konstateras att nya reaktorer byggs i Japan och Sydkorea (med motsvarande reaktorkomponenter) inom tidsplan och budget. I dessa länder har inga långa uppehåll i byggandet gjorts varför vana leverantörer finns tillgängliga. Detta visar tydligt att problematiken med leveranstid och kostnad beror på att inga nya reaktorer byggts på ca 30 år i Europa och USA varför leverantörer av de reaktorkomponenter som enbart används vid nybyggnad uppenbarligen är en riskfaktor vid byggandet av de första reaktorerna av en viss typ. Det finns dock ingen orsak att tro att dessa problem fortsätter vid byggande av flera exemplar av samma reaktor i Europa vilket visas av erfarenheterna från Japan och Sydkorea.

En aspekt som förväntas ha stark påverkan på såväl kvalitet som kostnad och tidsplan för nya reaktorer är byggande av större moduler i fabriksmiljö istället för byggande på förläggingsplatsen från basmaterial. Denna strävan fanns redan vid byggande av Oskarshamn 3 [23]. Den har tillämpats tidigare vid byggande av nya reaktorer i Japan och den tillämpas idag i olika omfattning vid byggande av nya reaktorer. Uppbyggande av fabriksmiljöer för tillverkning av moduler är en utmaning för en första reaktor i ett visst område (t ex Europa) men för efterföljande anläggningar kommer det att ha positiv inverkan på kvalitet, kostnad och tidsplan.



Inlyft av en 700 ton tung förtillverkad modul i den kinesiska reaktorn Sanmen 1 i mars 2010. Bild från Westinghouse.

Faktor 3: Effektiv arbetsprocess för upphandling av övriga komponenter

Innebörden av faktorn

Samarbetet mellan huvudleverantören och leverantörer av övriga komponenter måste vara sådant att komponenterna uppfyller huvudleverantörens krav på kvalitet, prestanda, och miljötålighet inom ramen för överenskommen tidsplan och kostnad.

Orsaker till framgång

Upphandlingen av övriga komponenter följde i stora drag samma huvuddrag som reaktorkomponenter enligt beskrivningen ovan:

- ASEA-ATOM skrev ned krav på såväl prestanda som krav på kvalitet och miljötålighet för den aktuella komponenten. Dessa krav innefattade ofta även krav på hur tillverkningen skulle gå till och krav på kontroll av olika steg i tillverkningen. De komponenter som föreslogs av

leverantören utvärderades av ingenjörer med god kännedom om bakgrunden till kraven på komponenten så att komponenten uppfyllde såväl nedskrivna som oskrivna krav.

- Det fanns vid byggandet av Oskarshamn 3 ett utvecklat nät av leverantörer som hade levererat till ASEA-ATOM och tidigare nordiska BWR. De var medvetna om innebörden av kraven enligt ovan. Det fanns inom ASEA-ATOM en avdelning för kvalitetskontroll som på plats hos dessa tillverkande industrier kontrollerade utförandet och uppfyllandet av ställda krav.

Utmaningar idag

Det finns framförallt två aspekter som försvårar tillämpningen av samma process idag:

- Industrin i Europa har gått från tillverkning av aktuella komponenter baserat på inköp av basmaterial till att köpa produkter från olika underleverantörer som man sedan sammansätter till en färdig produkt. Normalt är detta en fördel då underleverantören kan vara specialiserad på sin produkt och tillverka en bättre produkt till ett lägre pris. Den process som tidigare tillämpades i kärnkraftsindustrin bygger på att huvudleverantören, kraftbolaget och myndigheten kontrollerar att tillverkningen skett enligt vissa regler. Detta försvåras avsevärt när komponentleverantören i sin tur använt underleverantörer, i ett eller flera steg.
- Ett detaljexempel på det ovanstående är att användning av programmerbara enheter som en produkt i komponenten blivit vanligt. Normalt är även detta en fördel då dessa enheter ger inbyggd intelligens och är allmänt mer robusta än tidigare utrustning baserad på reläer eller annan elektronik. Det innebär dock ett problem avseende möjligheten att i detalj kunna uttala sig om egenskaperna hos enheten.

Förebyggande åtgärder

Det kan konstateras att även detta är en faktor som försvårar genomförandet av de första projekten; på sikt kommer industrin och aktuella myndigheter att enas om en lämplig process med beaktande av de nya förutsättningarna.

I USA har denna aspekt uppmärksamats då nya komponenter och komponenter innehållande programmerbara enheter måste köpas in även till befintliga anläggningar. Industrin och myndigheten har enats om en acceptabel process för att kunna köpa in industriellt tillverkade produkter för att sedan visa att de har acceptabel kvalitet och miljötålighet. Denna process kallas i USA "Commercial-Grade Dedication" [24]. Motsvarande process är även under utveckling i Europa.

Ett sätt att minska beroendet av denna typ av komponenter är att utforma moderna reaktorer med passiv säkerhet vilket avsevärt reducerar behovet av sådana komponenter för utförande av säkerhetsfunktioner. Detta berörs ytterligare i "[Moderna reaktorer](#)" [5].

Sammanfattning och slutsatser

Inga nya reaktorer har byggts i Europa eller USA på ca 30 år och det är därför naturligt att de första projekten uppvisar höga kostnader och förseningar. Detta är en naturlig reflektion av att säkerheten har prioritet vid genomförande av projekten och att det finns många faktorer som tillkommit under dessa 30 år som komplicerar projektgenomförandet. Man kan kritisera industrin för att inte ha adresserat dessa tillkommande faktorer innan projekten påbörjades men som vi visat adresseras de och kommer därför inte att påverka framtida projekt på samma sätt som de nu pågående projekten. Den svenska historien visar att den successiva utvecklingen inom AB Atomenergi från 1947 fram till påbörjandet av byggandet av Oskarshamn 1 1966 av ASEA-ATOM var en nödvändig förberedelse för genomförandet av projektet (som trots detta blev försenat och fördyrat). Detta betyder dock inte (vilket exemplet Oskarshamn 3 visar som blev färdig snabbare än tidsplanen och inom budget) att alla framtida reaktorer kommer att ta så lång tid som de pågående projekten visar. Det är tvärtom en realistisk förväntan att de kommer att kunna genomföras till motsvarande kostnad och inom samma tid som exemplet Oskarshamn 3.

Författare: Tomas Öhlin – Westinghouse, Analysgruppen

Källor och kommentarer

1. Kostnaden 1985 (i penningvärdet 1980-1985). Angiven kostnad inkluderar kostnader som hänförs till byggande av O3 på den existerande anläggningsplatsen med dess existerande faciliteter. Den exakta kostnaden beror på vad man räknar in i projektet och diskussionen i denna rapport syftar inte till att ange en exakt kostnad för en ny kärnkraftsreaktor.
2. Det slutliga kontraktet för O3 skrevs i början av 1981.
3. Statistiska centralbyrån, Konsumentprisindex, fastställda tal. [Tabell, juni 2016](#).
4. Mattias Lantz och Tomas Öhlin, [Vad menas med gamla reaktorer?](#), Analysgruppen, rapport, april 2016.
5. Daniel Westlén och Carl-Erik Wikdahl, [Moderna Reaktorer](#), Analysgruppen, Bakgrund nr. 1, 2012.
6. Turn-key innebär att reaktorn levereras startfärdig från en leverantör eller ett konsortium.
7. Det är rimligt att förutsätta att leverantören av Olkiluoto 3 vid projektets start gjort sådana beräkningar och trodde att projektet kunde genomföras inom

denna kostnad och tidsplan. Frågan är alltså vilka faktorer som kan förklara avvikelsen mellan beräknad kostnad/tidsplan och det verkliga utfallet.

8. Rollerna mellan *kraftbolag* → *huvudleverantör* → *leverantör av reaktorkomponenter* → *leverantör av övriga komponenter* kan i ett verkligt projekt skifta; vissa komponenter kan t ex upphandlas direkt av kraftbolaget.
9. Tomas Öhlin, [Myndighetskontroll av kärnkraftverk](#), Analysgruppen, rapport, mars 2016.
10. På engelska benämns ofta denna som leverantör av "Nuclear Steam Supply System".
11. ASEA-ATOM ägdes gemensamt av svenska staten och ASEA. 1982 köpte ASEA statens andel.
12. Idag Areva Uddcomb, se [uddcomb.se](#).
13. Den beskrivs utförligt av Sigfrid Leijonhufvud i "(Parentes? En historia om svensk kärnkraft" ISBN 91-630-2976-6.
14. Förstärkt separation mellan olika delar i säkerhetssystemen och ökad tålighet mot yttre händelser som jordbävning. Tidigare anläggningar har senare moderniserats i dessa avseenden.
15. Detta skedde i vissa fall genom att utgå från en licens på en befintlig reaktorutformning som man sedan utvecklade. I fallet ASEA-ATOM skedde utvecklingen utan en sådan licens.
16. NRC Regulations Title 10, Code of Federal Regulations, part 52: "[Licenses, Certifications, and Approvals for Nuclear Power Plants](#)".
17. Det är politikerna som har att besluta om byggande av nya kärnkraftsreaktorer ligger i nationens intresse. Efter ett sådant beslut är det myndighetens roll att definiera kraven.
18. Myndigheten i varje land är ansvarig för kraven. Syftet med IAEA och WENRA är inte att ta fram gemensamma krav men att ha ett likartat angreppssätt. För mera information om IAEA se [www.iaea.org](#) och beträffande WENRA se [wenra.org](#).
19. För mer information om MDEP se [oecd-nea.org/mdep](#).
20. För mer information om EUR se [www.europeanutilityrequirements.org](#).
21. I O3 är den totala volymen som reaktorinneslutningen innesluter ca 12000 m³ och den skall tåla minst 5 bar inre övertryck med ett läckage mindre än 1 % av innesluten gasvolym per dygn.
22. Reaktortanken i O3 är ett tryckkärl som vid drift utsätts för ett inre tryck av 70 bar. Dess höjd är 21 m och diametern 6,7 m med en total vikt av 770 ton.
23. Ett exempel är snabbstoppsgrupperna med bland annat gastank, vattentank, rör och ventiler som sattes samman i fabriksmiljö och sedan transporterades till anläggningen.
24. Ytterligare information kan fås via den amerikanska myndighetens hemsida [www.nrc.gov](#).