



ANALYS AV NATIONELL VÄRDEKEDJA FÖR NYBYGGNING AV KÄRNKRAFT

BUSINESS SWEDEN
2025-06-30

Innehållsförteckning

Förtydligande av terminologi.....	4
Sammanfattning	5
Introduktion.....	9
1. Värdekedjeanalys - konventionella och SMR. Error! Bookmark not defined.	
1.1 Teknologier.....	10
1.2 Beskrivning av värdekedja.....	14
1.2.1 Utveckling	15
1.2.2 Byggnation/konstruktion	19
1.2.3 Primärkrets	20
1.2.4 Sekundärkrets	21
1.2.5 Balance of Plant (BoP)	21
1.2.6 Ställverk.....	22
1.3 Viktiga globala aktörer	23
2. Omfattning och introduktion till gap-analysen	25
2.1 Nivåstruktur	25
2.2 Allmän översikt över nybyggnation av kärnkraftverk.....	26
2.3 Nybyggnation av kärnkraftverk i Sverige	27
2.4 Kapacitetsbegränsningar	28
2.5 Program kontra engångsprojekt	28
2.6 Metod för gap-analys.....	29
3. Kapabilitetsanalys (gap-analys) och kartläggning av leverantörer.....	31
3.1 Utveckling.....	32
3.1.1 Exempel på företag	32
3.1.2 Svenska förmågor	33
3.1.3 Nordiska förmågor	34
3.1.4 Internationellt beroende	35
3.2 Bygg och konstruktion	35
3.2.1 Exempel på företag	36
3.2.2 Svenska förmågor	37

3.2.3 Nordiska förmågor	38
3.2.4 Internationella beroenden	38
3.3 Kärnkraftsö	38
3.3.1 Exempel på företag	39
3.3.2 Svenska förmågor	40
3.3.3 Nordiska förmågor	40
3.3.4 Internationella beroenden	40
3.4 Sekundärkrets/turbinö	41
3.4.1 Exempel på företag	42
3.4.2 Svenska förmågor	42
3.4.3 Nordiska förmågor	43
3.4.4 Internationella beroenden	43
3.5 Balance of plant (BoP).....	43
3.5.1 Exempel på företag	44
3.5.2 Svenska förmågor	45
3.5.3 Nordisk förmågor	45
3.5.4 Internationella beroenden	46
3.6 Ställverk.....	46
3.6.1 Exempel på företag	47
3.6.2 Svenska förmågor	47
3.6.3 Nordiska förmågor	48
3.6.4 Internationella beroenden	48
4. Konsekvensbedömning	49
4.1 Inhemskt innehåll.....	50
4.2 Arbetskraft	51
4.3 Känslighetsanalys.....	53
4.4 Resultat	54
5. Business case.....	55
5.1 Tröskelvärde för kärnkraftskapacitet.....	55
5.2 Introduktion.....	55
5.3 Sammanlagd projektportfölj (indikativ).....	55
5.4 Regional efterfrågan på nya kärnkraftverk.....	56

5.4.1 Sverige	56
5.4.2 Finland.....	57
5.5 Modularisering och tröskelkapacitet för lokal modulproduktion.....	57
6. Rekommendationer	60
6.1 Syftet med rekommendationerna i rapporten.....	60
6.2 Initiativ som leds av den privata sektorn.....	60
6.3 Initiativ som leds av den offentliga sektorn	61
6.4 Möjligheter till samverkan mellan olika sektorer	63
6.5 Rekommendationer från konsekvensbedömningen och business case ..	64
6.6 Sammanfattning av rek. från konsekvensbedömningen och bus. case ...	66

Förtydligande av terminologi

Den viktigaste terminologin som används i rapporten

<p>LSR – Storskalig reaktor. Stora, platsbyggda anläggningar. I denna rapport utgår vi från en standardstorlek på 1200 MW.</p>	<p>Kärnkraftsö/primärkrets – Reaktorkärnan, reaktoringredningen och säkerhetssystemen. Inkluderar även inneslutningssystem som är avgörande för reaktorns säkerhet.</p>
<p>SMR – Liten modulär reaktor. Fabrikstillverkade moduler, mindre anläggningar, vilket möjliggör snabbare tidsplaner och ökad kapacitet. I denna rapport utgår vi från en standardstorlek på 300 MW.</p>	<p>Turbinö/sekundärkrets – Ångturbiner och värmeväxlare. Omvandlar termisk energi till elektricitet, med integrering av fuktavskiljare, återvärmare och matarvattensystem.</p>
<p>Nivå 0 – Reaktorägare/operatörer och originalutrustningstillverkare (OEM) som levererar kärnkraftsdelen. De väljer teknik och styr arbetet med konstruktion, upphandling och byggnation.</p>	<p>Balance of Plant (BoP) – Pumpar, HVAC, instrumentering och styrning samt andra hjälpsystem. Stöder kontinuerlig och stabil drift av anläggningen.</p>
<p>Nivå 1 – Stora företag inom teknik, upphandling och konstruktion inklusive förvaltning (EPCM) samt huvudleverantörer av komponenter som ansvarar för detaljerad design och kritiska delsystem.</p>	<p>Ställverk – Högspänningsutrustning för nätanslutning – transformatorer, brytare, gasisolerade ställverk.</p>
<p>Nivå 2 – Underleverantörer med överförbara industriella kompetenser (bearbetning, ventiler, sensorer) som kan skala upp genom återkommande order.</p>	

Sammanfattning

Sverige befinner sig i en avgörande fas i utvecklingen av ny kärnkraft och står inför möjligheter och utmaningar när man utvärderar en utbyggnad av kärnkraftskapaciteten. Klimat- och Näringslivsdepartementet har gett Business Sweden i uppdrag att kartlägga den inhemska värdekedjan för nybyggnation av kärnkraftverk, identifiera luckor och internationella beroenden samt bedöma de ekonomiska effekterna av nybyggnation av kärnkraftverk i Sverige. För att besvara de ovanstående frågorna är denna rapport uppbyggd kring fem kapitel:

- 1) Översikt av värdekedjan
- 2) Kartläggning av leverantörer och analys av gap
- 3) Konsekvensbedömning (Ekonomisk)
- 4) Business Case för etablering
- 5) Rekommendationer

1. Värdekedjans sammansättning

Värdekedjan för nybyggnation omfattar sex väldefinierade segment: utveckling, bygg och konstruktion, primärkrets (kärnkraftsö), sekundärkrets (turbinö), Balance of Plant (BoP) och ställverk (illustrerat i Figur 1 nedan). Detta ramverk ger en förenklad men intuitiv översikt över värdekedjan med tydliga produktkategorier, inklusive en uppskattad kostnadsfördelning över projektets livscykel.

Utvecklingsfas	Byggfas	Primärkrets Kärnkraftsö	Sekundärkrets Turbinö	Balance of plant	Ställverk Nätanslutning
Genomförbarhetsstudie	Planering och schemaläggning	Reaktortryckkärl (RPV)	Ångturbiner	Kondensor	Transformatorer
Reaktordesign	Förberedelse och utgrävning	Reaktorinredning (kärna)	Kondensor	Kyltorn / värmväxlare	Ställverk
Projektdesign	Byggande	Ånggeneratorer	Fuktseparator-återhettare	Pumpar	Överföringsledningar
Licensiering	Installation	Tryckregulator	Matarvattensystem	HVAC-system	
	Byggmaterial	Reaktorkylvattenpumpar	Instrumentering och styrning*		
		Inneslutningsstruktur			
		Bränsletillförselsystem			
		Stödkomponenter och tjänster (inklusive internt elnät och motordrivna pumpsystem)			

Figur 1. Nedbrytning av värdekedjan

2. Kartläggning av leverantörer och kapabilitet

Inom alla sex segment har Sverige redan styrkor i världsklass, mest tydligt inom Ställverk, följt av Balance of Plant och storskaliga anläggningsarbeten. De nordiska grannländerna förstärker ytterligare kompetensen inom licensiering, projektledning och installation. Trots det kvarstår kritiska beroenden av internationella aktörer. Sverige saknar företag och kompetens inom tungt smide (*heavy forging*) och tillverkning av komponenter relaterat till primärkretsen. Konsult- och ingenjörsföretag är fortsatt beroende av internationella OEM-tillverkare (Original Equipment Manufacturers) för kompetens inom detaljerad reaktor- och projektdesign. Figur 2 visar en sammanfattning av kapabilitetsbedömningen för Sverige och Norden samt internationella beroenden (gap).

	Utveckling	Bygg/konstrukt.	Primärkrets	Sekundärkrets	Balance of plant	Ställverk
	~10 % av kostnaderna*	~40 % av kostnaderna	~15 % av kostnaderna	~15 % av kostnaderna	~15 % av kostnaderna	~5 % av kostnaderna
Svenska förmågor	Måttliga örmågor	Måttliga förmågor	Begränsade förmågor	Begränsade förmågor	Måttliga förmågor	Starka förmågor
Nordiskt utbud (inkl. Sverige)	Måttliga förmågor	Starka förmågor	Begränsade förmågor	Måttliga förmågor	Starka förmågor	Mycket starka förmågor
Internationellt beroende	Högt beroende (reactor core design)	Måttligt beroende (ledningserfarenhet för kärnkraftsprojekt)	Full dependency	Högt beroende (Turbin)	Måttligt beroende (kärnkraftsklassade produkter)	Lågt beroende

Figur 2 – Kapabilitetsanalys och en uppskattad kostnadsfördelning

Figur 3 nedan visar ett urval av de viktigaste aktörerna i det svenska ekosystemet som bedöms vara relevanta för nybyggnation av kärnkraftverk och täcker hela projektets livscykel från tidig utveckling till anslutning till elnätet. Den belyser ett brett spektrum av nationella och regionala aktörer som antingen är aktivt involverade eller skulle kunna engagera sig inom kärnkraftsområdet.

Utveckling	Bygg/konstruktion	Primärkrets Kärnkraftsö	Sekundärkrets Turbinö	Balance of plant Kyltorn, övriga byggnader	Ställverk Nätanslutning
a. Reaktordesign	a. Planering och schemaläggning	a. Ångturbiner b. Reaktorinredning (kärna)	a. Ångturbiner b. Kondensator	a. Kondensator	a. Transformator
b. Genomförbarhetsstudie	b. Förberedelse och utgrävning	c. Ånggeneratorer	c. Fuktseparator-återhettare	b. Värmeväxlare	b. Ställverk
c. Projektdesign*	c. Byggande	d. Tryckregulator e. Reaktorkylvattenpumpar	d. Matarvattensystem	c. Pumpar och cirkulationssystem för vatten	e. Överföringsledningar
d) Licensiering	d) Installation	f. Inneslutningsstruktur	e. Instrumentering och styrning	d. HVAC-system	d. Stödjande komponenter och tjänster
	e. Byggmateriel	g. Bränsletillförselsystem	f. Stödjande komponenter och tjänster	e. Instrumentering och styrning	
		h. Stödjande komponenter och tjänster		f. Stödjande komponenter och tjänster	

Figur 3 – Urval av leverantörer i den svenska värdekedjan

3. Ekonomiska- och sysselsättningseffekter

Den ekonomiska och sysselsättningsmässiga konsekvensanalysen utvärderar följande nyckeltal: inhemska investeringar, påverkan på BNP genom förädlingsvärde (*Value Added*) och antalet heltidsanställda, vilket motsvarar det totala antalet heltidsekvivalenter som skapats eller upprätthållits i Sverige. Effekten på BNP och antalet heltidsanställda är en summa av direkt och indirekt produktion (direkt dvs direkt relaterat till projektet, indirekt dvs över hela värdekedjan). Utvärderingen har gjort för en 1 200 MW storskalig reaktor (LSR) och en 300 MW liten modulär reaktor (SMR) enligt nedan.

En 1 200 MW stor reaktor (LSR) skulle kunna bidra med:

- *Motsvara* cirka 50 miljarder kronor i inhemska investeringar
- *Tillföra* cirka 40 miljarder kronor till svensk BNP
- *Skapa* cirka 33 500 heltidsekvivalenter

En 300 MW liten modulär reaktor (SMR) skulle kunna bidra med :

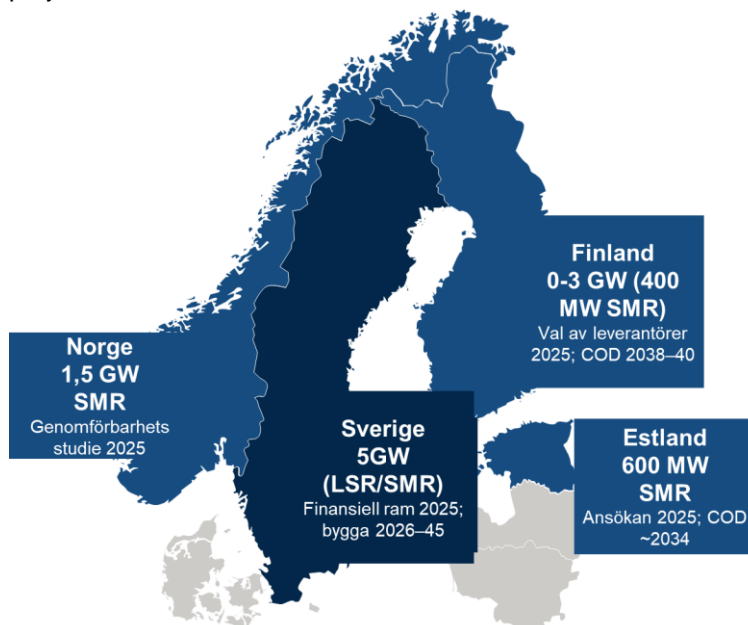
- Motsvara cirka 12 miljarder kronor i inhemska investeringar
- Tillföra cirka 9 miljarder kronor till svensk BNP
- Skapa cirka 7 500 heltidsekvivalenter

Analysen visar också att kunskapsintensiva aktiviteter (t.ex. licensiering, design, forskning och utveckling (FoU)) ger bäst avkastning per investerad krona i BNP, medan bygg och konstruktion är den absolut största sysselsättningsmotorn (dvs skapar flest heltidsanställda).

4. Business Case och trösklar för lokal produktionsetablering

Offentliga planer, tillståndsansökningar och genomförbarhetsstudier indikerar en potentiell kapacitet på 7–10 GW (se figur 4 nedan) i Norden och Baltikum. Det finansiella ramverket som godkänts av den svenska riksdagen omfattar 5 GW medan den svenska färdplanen för ny kärnkraft siktar på en total additionell kapacitet på cirka 10 GW fram till 2045.

För att uppmuntra Nivå 0-leverantörer (och Nivå 1-leverantörer) att helt eller delvis lokalisera modulfabriker i Sverige eller Norden är det avgörande att uppnå en betydande (uppskattningsvis >7 GW) regional projekt-pipeline. Om investeringar övergår denna tröskel, finns det grund för ökad lokalisering i Sverige. Det kommer sannolikt möjliggöra en högre grad av inhemsk upphandling av kärnkraftsrelaterade produkter och tjänster samt göra det möjligt för Sverige att tillvarata ett större projektvärde.



Figur 4 – Planerad utveckling av SMR i Norge, Sverige, Finland och Estland

5. Rekommendationer

Rekommendationerna från gap-analysen ger följande förslag på ökade möjligheter för ökat inhemskt innehåll:

- **Utveckla tekniska kärnkraftsspecifika kompetenser:** Samarbeta med OEM-tillverkare i ett tidigt skede, säkra strategiska partnerskap för kritiska reaktor- och turbinkomponenter samt bygg aktivt upp kärnkraftsspecifika kompetenser genom riktade nationella och internationella projekt.
- **Utveckla projektlednings- och arbetskraftskapabilitet:** Stärk nationella ramverk för projektledning, genomför riktade utbildningsprogram och effektivisera regulatoriska processer.
- **Positionera Sverige som en regional kärnkraftshubb:** Skapa och marknadsför paketerade erbjudanden inom Sveriges styrkeområden (Balance of Plant, Instrumentering och styrning, Ställverk) till en regional och global marknad, utveckla nordiska samarbetsinitiativ för export samt attrahera internationella tillverkare till Sverige.

Rekommendationer från konsekvensbedömningen och affärsanalysen visar möjligheterna att uppnå bästa avkastning på investering i ny kärnkraft enligt följande:

- **Prioritera kunskapsintensiva sektorer:** Rikta investeringar i ny kärnkraft mot högkvalitativ FoU, tekniskt kunnande och professionella tjänster för att maximera effekten på BNP.
- **Maximera sysselsättningen i bygg/konstruktion-steget:** Öka det inhemska deltagandet i kärnkraftsrelaterad nybyggnation för att avsevärt öka jobbskapandet.
- **Säkra långsiktiga ekonomiska åtaganden:** Upprätta långsiktiga avtal för turbin - och Balance-of-Plant-komponenter för att säkerställa hållbara ekonomiska fördelar.

Genom att strategiskt hantera kapabilitetbrister genom långsiktiga investeringar och prioritera investeringsområden med stor påverkan på ekonomiska faktorer och teknikledarskap kan Sverige befästa sin position som global ledare inom utveckling av kärnkraft.

Introduktion

Sveriges energilandskap genomgår en betydande omvandling, driven av ambitiösa klimatmål, ökande elektrifieringskrav och behov av en säker och hållbar energiförsörjning. Kärnkraften, som är känd för sin tillförlitlighet och låga koldioxidutsläpp är åter på väg att bli en central del av Sveriges framtida energistrategi.

Mot denna bakgrund har den svenska regeringen har gett Business Sweden i uppdrag att kartlägga den inhemska värdekedjan för nybyggnation av kärnkraftverk, identifiera gap och internationella beroenden, särskilt i vilken mån leverantörer i närliggande länder kan komplettera den svenska värdekedjan, samt bedöma de ekonomiska effekterna av nybyggnation av kärnkraftverk i Sverige. Uppdraget har genomförts i dialog med Energimyndigheten samt med inhämtande av synpunkter från relevanta aktörer inom kärnkraftsområdet.

Denna rapport presenterar en analys som syftar till att förstå och optimera Sveriges roll i nybyggnadsprojekt för kärnkraft, som omfattar både storskaliga reaktorer (LSR) och framväxande SMR-teknik (Small Modular Reactor).

Analysen består av fem sammanhängande faser:

1. **Analys av värdekedjan:** Beskriver kärnkraftens värdekedja genom sex tydligt definierade segment: Utveckling, bygg/konstruktion, primärkrets, sekundärkrets, anläggningsbalans och ställverk, för att säkerställa tydlighet i projektets omfattning och ansvarsområden
2. **Leverantörskartläggning och GAP-analys:** Identifierar Sveriges befintliga industriella kapacitet, lyfter fram styrkeområden och pekar på kritiska luckor, särskilt inom kärnkraftsspecifika tekniker och system, och understryker områden som är beroende av internationella leverantörer
3. **Konsekvensbedömning:** Beräknar de ekonomiska fördelarna, inklusive BNP-bidrag och potential för jobbskapande, av scenarier för utbyggnad av kärnkraft, vilket möjliggör riktade investerings- och policybeslut
4. **Business Case för etablering:** Utvärderar den strategiska tröskeln för att förlägga modulproduktion och bedömer Sveriges potential att fungera som värd för regionala tillverkningsnav av kärntekniska komponenter, förutsatt att en specificerad produktionskapacitet uppnås
5. **Rekommendationer:** Rekommenderar fokusområden och nästa steg för att ytterligare stärka svenskt innehåll i hela den kärntekniska värdekedjan

Denna utvärdering ger intressenter, inklusive beslutsfattare, industriledare och internationella partners, handlingsbara insikter för att strategiskt positionera Sverige som en avgörande aktör inom den framväxande globala kärnkraftssektorn.

Våra slutsatser bygger på en kombinationsmetod som utformats för att fånga både bredden och djupet i Sveriges försörjningslandskap för kärnkraft:

- **Intervjuer med intressenter:** mer än 30 intervjuer med företag inom alla sex segmenten i värdekedjan, omfattande svenska, nordiska och globala Nivå 2-leverantörer samt branschorganisationer både nationella och nordiska/europeiska
- **Sekundärforskning:** granskning av akademiska tidskrifter, *peer-reviewed* forskningsrapporter, regeringsrapporter, företagsdokument och offentligt tillgängliga genomförbarhetsstudier
- **Internt expertnätverk:** input från Business Swedens "Senior Expert Network" inom supply chain samt kärnkraftssektorn

Genom att triangulera dessa kvalitativa insikter med kvantitativa kostnads- och arbetsdata har vi kunnat validera luckor, mäta ekonomiska effekter och ta fram de affärsscenarier som presenteras.

Denna omfattande utvärdering är främst avsedd för regeringen och Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) och ger dem samt andra intressenter, däribland beslutsfattare, branschledare och internationella parter, praktiska insikter för att strategiskt positionera Sverige som en central aktör inom den globala kärnkraftssektorn som befinner sig i utveckling.

1. Värdekedjeanalys - konventionella och SMR

Storskaliga reaktorer (LSR) representerar den etablerade generationen av kärnkraftverk och kännetecknas av en elektrisk effekt på över 1000 MWe. Dessa reaktorer, som är mycket större än små modulära reaktorer (SMR), är utformade för att tillhandahålla betydande och jämn basbelastning till elnätet, en kapacitet som även SMR erbjuder i sin respektive skala.

1.1 Teknologier

LSR- och SMR-teknologier

Storskaliga reaktorer (LSR) spelar en viktig roll i Sveriges kärnkraftslandskap. Viktiga aktörer inom branschen, såsom Westinghouse och EDF, är aktivt engagerade på den svenska marknaden, vilket understryker vikten av etablerade reaktorteknologier vid sidan av nya SMR. Medan SMR erbjuder potentiella fördelar i form av modularitet och snabbare implementering, förblir LSR centrala för Sveriges nuvarande och kortsiktiga energistrategi. En kort översikt över både LSR- och SMR-teknologier ger en heltäckande bild av regionens kärnkraftperspektiv.

LSR omfattar komplexa och ofta skraddarsyddna anläggningar på plats, vilket kräver betydande infrastrukturutveckling och stora kapitalinvesteringar i förväg för att projekten ska bli verklighet. På grund av dessa projekts omfattning och komplexitet kan de drabbas av långa tidsramar och i vissa fall avsevärda kostnadsöverskridanden. Bygandet av LSR är platsintensivt, där viktiga komponenter monteras och integreras direkt på kraftverksplatsen. Detta tillvägagångssätt, som visserligen kan leverera stora energimängder, medför komplicerad teknik, omfattande tillsyn och en längre total projektlivscykel jämfört med deras mindre, modulära motsvarigheter. Storskaliga reaktorer (LSR) är den traditionella stommen i många kärnkraftsprogram världen över och genererar vanligtvis 1 000 MW eller mer. De allra flesta av dessa drivs med beprövad teknik, främst PWR och BWR, som båda är lättvattenreaktorer (LWR), samt tryckvattenreaktorer (PHWR). De finansiella utmaningarna i samband med LSR inkluderar höga initiala kapitalkostnader och kommer därmed också med finansieringsrisker. Försäkring för civila kärnkraftsrisker kan innebära höga premier och komplexa försäkringsvillkor. Som ett resultat används ofta statliga insatser genom mekanismer som lån, bidrag och produktionsskatteavdrag för att minska riskerna och uppmuntra privat sektor att delta. Finansieringsmodellerna innefattar vanligtvis riskdelningsarrangemang mellan teknikleverantörer, projektutvecklare, statliga organ, elköpare och finansinstitut.

Trots dessa utmaningar visar LSR:s långa driftshistoria att de är tillförlitliga och bidrar till den nationella energisäkerheten. Deras stora effekt gör dem mycket effektiva för att minska koldioxidutsläppen i stora elnät och ersätta betydande fossila energikällor med en enda anläggning. Dessutom ger de befintliga systemen för reglering och leveranskedjor av LSR-teknik, som har byggts upp under flera decennier, ofta en viss grad av kännedom och stabilitet för storskalig energiplanering. Även om det initiala ekonomiska åtagandet är omfattande möjliggör LSR:ernas långa livslängd, vanligtvis 60 år eller mer, betydande elproduktion över tid, vilket bidrar både till långsiktig energitillförlitlighet och till att klimatmålen uppnås.

Små modulära reaktorer (SMR) definieras i allmänhet som reaktorer med en kapacitet på upp till 300 MWe per modul (även om vissa konstruktioner, som Rolls-Royce SMR¹, når 470 Mwe). I enlighet med namnet har dessa reaktorer ofta en modulär konstruktion och förbättrade passiva säkerhetssystem. Den modulära aspekten av SMR har sin grund i konstruktionsfilosofin där större komponenter och system, i synnerhet Nuclear Steam Supply System (NSSS), tillverkas i fabrik som standardiserade moduler som sedan transporteras till driftplatsen för montering. Detta tillvägagångssätt avser att minska byggtiden på plats och, i framtiden, uppnå kostnadsminskningar genom storskalig, repetitiv tillverkning av standardiserade enheter - när konstruktioner blir mer allmänt vedertagna och standardiserade inom hela branschen.

En framgångsrik utbyggnad av SMR kommer att kräva en anpassad kompetens på arbetsmarknaden, särskilt inom tillverkning och modulintegrering, samt stödande politiska ramverk, anpassning av regelverket och innovativa finansieringsmodeller för att bli en grundpelare i Skandinavien civila kärnkraftslandskap.

Kostnaden är fortfarande en avgörande utmaning för SMR:s framtid. Den ekonomiska logiken skiljer sig avsevärt från den för traditionella LSR, som i hög grad är beroende av potentialen i massproduktion. SMR har i sig en lägre total kapitalkostnad per enhet jämfört med LSR, vilket är den

främsta drivkraften för intresset. Detta innebär dock inte nödvändigtvis att SMR ger lägre kostnader för att producera el.

Den lägre faktiska kapitalkostnaden per SMR-enhet anges dock ofta som en stor fördel för finansieringen. Kapitalanskaffning för ett SMR-baserat projekt uppfattas som mer hanterbart än att finansiera ett nytt LSR-projekt i gigawatt-skala. SMR:s modulära karaktär möjliggör dessutom stegvisa kapacitetsökningar (där en eller två moduler inledningsvis kan byggas och sedan kan fler läggas till när efterfrågan ökar eller finansiering blir tillgänglig). Detta stegvisa tillvägagångssätt sänker den initiala investeringsbördan och gör det möjligt att generera intäkter från de första modulerna för att potentiellt bidra till finansiering av efterföljande moduler.

Vid en intervju med en SMR-utvecklare framhölls att för den privata sektorns engagemang i nybyggnation av kärnkraft i Sverige uppfattas SMR som en mer lättillgänglig väg jämfört med traditionella storskaliga reaktorer. Omfattningen av de kapitalutgifter (CAPEX) som är förknippade med SMR-projekt anses ligga på en nivå som kan hanteras inom ramen för vanliga beslutsprocesser för företagsinvesteringar, vilket står i kontrast till de betydande finansiella åtaganden och potentiella geopolitiska influenser som ofta är förknippade med stora reaktorprojekt. Denna egenskap gör SMR till ett potentiellt mer lönsamt alternativ för privata utvecklare som vill ta sig in på kärnkraftsmarknaden.

Finansieringen av ny kärnkraft, vare sig det gäller små modulära reaktorer (SMR) eller storskaliga reaktorer (LSR), står inför betydande hinder. Privata investerare är försiktiga med de risker som är förknippade med oprövade SMR-tekniker och de enorma initialkostnaderna och långa byggtiderna för LSR. En intervjuperson pekade på utmaningarna med att sätta civila kärnkraftsrisker på försäkringsmarknaden och de höga premierna. Den intervjuade föreslog att "ägare och komponenttillverkare måste träffas och komma fram till vem som ska ta varje risk". Med tanke på de komplikationer som dessa risker medför är det sannolikt nödvändigt med ett betydande statligt stöd, särskilt för tidiga projekt, för att minska riskerna och locka till sig privat kapital.

Det finns många olika typer av avancerade SMR, men bland de viktigaste kategorierna finns lättvattenreaktorer (LWR): Den här kategorin omfattar konstruktioner som använder vatten som både kylmedel och neutronmoderator. De viktigaste komponenterna är placerade i reaktortanken, vilket förenklar systemet och eliminerar stora rörledningar i primärkretsen. Som exempel kan nämnas teknik från Rolls Royce SMR, NuScale² och SMART. En svensk ledande aktör inom LWR-teknik hävdade att denna teknik är fördelaktig på grund av vad de kallade en "beprövad leveranskedja, beprövad bränsleteknik och beprövade lösningar för slutförvaring av avfall".

Objektivt sett innebär anpassningen av lättvattenreaktorer (LWR) till befintliga nordiska kärnkraftverk potentiella fördelar. Med tanke på Sveriges och Finlands långa historia av drift av LWR-kärnkraftverk är det rimligt att dra slutsatsen att deras respektive tillsynsmyndigheter, den svenska Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM)³ och den finska Strålsäkerhetscentralen (STUK), har etablerad erfarenhet av tillsyn och institutionell kunskap som är relevant för LWR-teknik. Även om specifika SMR-konstruktioner kommer att kräva grundlig granskning, kan denna befintliga kännedom om den grundläggande tekniken potentiellt erbjuda en mer begriplig väg för licensiering jämfört med helt nya reaktorkonstruktioner. Dessutom ger den driftserfarenhet som finns i Sverige och Finland med LWR en grundläggande förståelse för SMR-drift. En befintlig nordisk leveranskedja som stöder den nuvarande LWR-flottan kan vara anpassningsbar för vissa SMR-komponenter och tjänster. Slutligen talar LWR-driftens historia i Norden för att allmänheten och politikerna är väl förtrodda med denna teknik.

Gaskylda högtemperaturreaktorer (HTGR): HTGR-konstruktioner använder ett flytande kylmedel, vanligtvis helium, och grafit som neutronmoderator. Deras förmåga att uppnå höga drifttemperaturer (över 750°C) innebär möjligheter till förbättrad termodynamisk effektivitet vid elproduktion och tillhandahållande av högkvalitativ industriell processvärme. Exempel på HTGR-baserade SMR är X-energys Xe-100 och Kinas HTR-PM. Objektivt sett saknar Norden (Sverige och Finland) för närvarande etablerade regelverk, utbredd driftserfarenhet av kommersiell kraftproduktion och mogna leveranskedjor specifikt för HTGR-teknik.

Smältsaltreaktorer (MSR): Objektivt sett har Norden en framväxande position inom MSR-teknik (Molten Salt Reactor), med minst en utvecklare (Seaborg) i Danmark. Det finns dock ännu varken etablerade regelverk, omfattande driftserfarenhet i Sverige och Finland eller mogna leveranskedjor för kommersiell användning av MSR i dessa länder. Även om det finns ett intresse för att utforska

avancerad kärnteknik, skulle en kommersiell utbyggnad av MSR i Norden sannolikt kräva betydande utveckling inom dessa områden.

Snabba neutronreaktorer (FNR): FNR-reaktorer kännetecknas av att de arbetar med ett snabbt neutronspektrum, vilket eliminerar behovet av en neutronmoderator. Dessa reaktorer använder vanligtvis flytande metaller, såsom natrium (natriumkyld snabb reaktor - SFR) eller bly (blykyld snabb reaktor - LFR), som kylmedel. FNR-tekniken är lovande för bränsleförädling, utökade kärnbränsleresurser och transmutation av långlivade radioaktiva avfallsprodukter. Exempel på FNR SMR-konstruktioner är GEH:s Natrium och ARC-100. Objektivt sett saknar Norden (Sverige och Finland) för närvarande etablerade regelverk, utbredd operativ erfarenhet av kommersiell kraftproduktion och mogna leveranskedjor specifikt för FNR-teknik. Båda ländernas kärnkraftsprogram har historiskt sett varit inriktade på reaktorer med termiska neutroner (LWR).

SMR-konstruktioner (Small Modular Reactor) utvärderas i Sverige och Norden

Sverige och våra nordiska grannländer, i synnerhet Finland och Norge, utforskar aktivt SMR:s potentiella roll i de framtida energisystemen, utifrån behovet av ökad kapacitet för ren energi, minskade koldioxidutsläpp och bibehållen energisäkerhet. Nedanstående avsnitt ska utforska de etablerade utforskningarna av SMR-teknik i Sverige och Norden.

Sverige: Vattenfall⁴ utvärderar både SMR och LSR för potentiell nybyggnation av kärnkraftverk, särskilt vid Ringhals. I sin utvärdering av SMR-teknik övervägde Vattenfall inledningsvis sex leverantörer och har nu valt ut⁵ två: (Rolls-Royce SMR och GE Hitachis BWRX-300⁶ från en första lista med sex leverantörer).

Förutom Vattenfall finns det andra viktiga aktörer som är involverade i Sveriges föränderliga kärnkraftslandskap. Blykalla har till exempel meddelat planer på att införa SMR i Sverige, vilket speglar ett växande intresse inom branschen. Samtidigt genomför Fortum en preliminär studie för att utvärdera genomförbarheten och potentialen för nya kärnkraftsprojekt i regionen. Dessa gemensamma insatser understryker Sveriges engagemang för att utveckla sin kärnkraftskapacitet i samarbete med övriga Norden.

Finland: Finland undersöker aktivt möjligheterna att bygga ut SMR-tekniken. SMR:s förmåga att tillhandahålla en stabil värmekälla med låga koldioxidutsläpp ligger väl i linje med Finlands ambitiösa klimatmål och dess befintliga fjärrvärmeinfrastruktur. Steady Energy, ett avknoppningsföretag från VTT Technical Research Centre of Finland, spelar en viktig roll. Deras specifika SMR-design är skraddarsydd för värmeproduktion och arbetar vid lägre temperaturer och tryck jämfört med reaktorer som enbart är avsedda för elproduktion. Steady Energy har ambitiösa planer på att påbörja byggandet av sin första kommersiella SMR för fjärrvärme redan 2025⁷, med potentiella platser i stora stadskärnor som Helsingfors, Kuopio och Lahtis. Dessutom har företaget redan tecknat avsiktsförklaringar med ledande energibolag som Kuopion Energia⁸ och Helen⁹, som beskriver potentialen för utbyggnad av flera fjärrvärmereaktorer från 2030 och framåt.

Det finns dock andra viktiga aktörer i det finska SMR-landskapet. Efter en tvåårig genomförbarhetsstudie som undersökte förutsättningarna för ny kärnkraft i Finland och Sverige meddelade Fortum¹⁰ i mars 2025 att man skulle fördjupa samarbetet med tre teknikleverantörer.¹¹ Två av dessa erbjuder konventionella LSR (EDF¹² och Westinghouse-Hyundai¹³) och en erbjuder SMR: (GE-Hitachi med sin BWRX-300). Fortum har noterat att SMR som BWRX-300 skulle kunna vara särskilt lämpliga för samplacering med industrianläggningar eller för försörjning av fjärrvärménät.¹⁴ Fortum räknar med att ny kärnkraftskapacitet potentiellt kan tas i drift i Norden tidigast under andra hälften av 2030-talet, förutsatt att marknadsförhållandena och regelverk är gynnsamma.¹⁵

Norge: Även om landet för närvarande saknar kommersiell kärnkraft gör man betydande framsteg i utforskandet av små modulära reaktorer (SMR), främst under ledning av Norsk Kjernekraft¹⁶. Företaget arbetar aktivt med att identifiera potentiella platser för driftsättning, till exempel Halden, Øygarden och Vardø, och har ingått strategiska partnerskap, bland annat med den svenska SMR-utvecklaren Blykalla¹⁷ för att utvärdera deras SEALER-design.¹⁸ Utöver dessa insatser vittnar samarbetet mellan kommunerna Aure och Heim för att potentiellt utveckla upp till 1 500 MW kärnkraftskapacitet genom flera SMR om ambitionen för en mer storskalig utbyggnad. En viktig drivkraft är SMR:s potential att leverera el till avlägsna samhällen och

energiintensiva industrier, som komplement till Norges omfattande vattenkraft. Dessutom ligger SMR i linje med Norges långsiktiga mål för energisäkerhet och landets åtagande att utforska olika energikällor med låga koldioxidutsläpp. Den pågående statliga granskningen av kärnkraftens genomförbarhet, med en rapport som förväntas i april 2026, understryker med vilket allvar Norge överväger andra tekniker som avgörande komponenter i sin framtida energimix.

Teknologier och leverantörer som är anpassade till svensk industriförmåga

För närvarande utvärderar Vattenfall både SMR och storskaliga reaktorer (LSR). Följande SMR:er utvärderas för närvarande:

GE Hitachis BWRX-300, en 300 Mwe kokvattenreaktor med naturlig cirkulation, har valts ut av Vattenfall och som föredragen kärnkraftsteknik av Fortum¹⁹.

Rolls-Royce SMR har också valts ut av Vattenfall. Rolls-Royce har framhållit sin integrerade kraftverksdesign, modulariseringsstrategi och användning av beprövad PWR-teknik. Den avancerar också genom Storbritanniens regelverksprocess Generic Design Assessment (GDA).

Olika SMR-tekniker och leverantörssamarbeten innebär varierande grad av anpassning till Sveriges industriella styrkor:

- **LWR-baserade SMR:er** (t.ex. Rolls-Royce SMR, GEH BWRX-300): Dessa konstruktioner, som Vattenfall har valt ut, erbjuder en direkt väg till att utnyttja befintlig svensk kapacitet. BWRX-300, som är en kokvattenreaktor, stämmer särskilt väl överens med Sveriges tidigare erfarenhet av BWR-reaktorer. Det finns betydande möjligheter för svenska företag att delta i leveranskedjan för komponenter som turbiner, generatorer, värmeväxlare, ventiler, elsystem och balansutrustning, samt att tillhandahålla bygg-, installations- och ingenjörstjänster. Rolls-Royce modell, som betonar fabriksproduktion, skulle potentiellt kunna anpassas till svensk avancerad tillverkningskompetens om modultillverkning eller montering skulle ske lokalt.
- **Avancerade SMR:er** (t.ex. Blykalla SEALER): Utvecklingen av inhemsk avancerad reaktorteknik som Blykallas blykylda SEALER innebär en annan typ av möjlighet. Även om det kräver utveckling av ny expertis kan en framgångsrik utveckling inom detta område positionera Sverige som ledande inom ett nischat men potentiellt värdefullt segment av den framtida kärnkraftsmarknaden och bygga upp en unik nationell kompetens inom områden som hantering av flytande metall, avancerad metallurgi för korrosionsbeständighet och specialiserad komponenttillverkning.
- **Allmän modulär konstruktion** Det finns potential att etablera fabriker för komponenttillverkning eller modulmontering med Sverige, särskilt om en strategi för utbyggnad av flera enheter eftersträvas. En sådan strategi skulle sannolikt innebära stegvisa produktionsmål, val av plats i anslutning till industriella centrum samt insatser för att utveckla en kvalificerad arbetskraft och säkerställa kapaciteten i leveranskedjan. Kärnfull Next:s²⁰ framtidsvision av "SMR-campus" innebär också betydande lokal konstruktion, integration och potentiellt samlokalisering industriell verksamhet.²¹

1.2 Beskrivning av värdekedja

Att etablera ett nytt kärnkraftverk är ett komplext åtagande, som bäst förstås som en sekventiell värdekedja som omfattar olika faser och involverar en mängd specialiserade aktörer. Figuren nedan ger en visualisering av denna kedja.

Utvecklingsfas	Byggfas	Primärkrets Kärnkraftsö	Sekundärkrets Turbinö	Balance of plant	Ställverk Nätanslutning
Genomförbarhetsstudie	Planering och schemaläggning	Reaktortryckkärl (RPV)	Ångturbiner	Kondensor	Transformatorer
Reaktordesign	Förberedelse och utgrävning	Reaktorinredning (kärna)	Kondensor	Kyllorn / värmväxlare	Ställverk
Projektdesign	Byggande	Ånggeneratorer	Fuktseparator-återhettare	Pumpar	Överföringsledningar
Licensiering	Installation	Tryckregulator	Matarvattensystem	HVAC-system	
	Byggmaterial	Reaktorkyl/vattenpumpar	Instrumentering och styrning*		
		Inneslutningsstruktur			
		Bränsletillförselsystem			
		Stödkomponenter och tjänster (inklusive internt elnät och motordrivna pumpsystem)			

Figur 5: En visualisering av den dekonstruerade värdekedjan

Nivå 0 (definieras nedan i avsnitt 2.2) Original Equipment Manufacturers (OEM) är placerade högst upp i kärnkraftverkens leveranskedja. De är vanligtvis stora, multinationella ingenjers- och teknikföretag med omfattande expertis och resurser. Deras främsta uppgift är att lägga grunden för nya kärnkraftsprojekt genom att utforma, konstruera och leverera de grundläggande, integrerade komponenterna och kärnteknologierna. De är avgörande för att utveckla den kompletta anläggningsdesignen, särskilt den komplexa kärnkraftsön (primärkretsen) och turbinön (sekundärkretsen), som är kritiska under byggfasen. De strategiska teknikvalen och systemintegrationsmetoderna som definieras av dessa Nivå 0-leverantörer, samt input från kunden under utvecklingsfasen, har en stor inverkan på hela projektets förlopp.

I det grundläggande skedet lägger Utvecklingsfasen den teoretiska och rättsliga grunden för hela projektet. Denna fas kännetecknas av djupgående genomförbarhetsstudier som bedömer lönsamheten och lämpligheten i ett potentiellt projekt. Dessutom innebär utvecklingsfasen en konceptuell designprocess som innefattar val av optimal teknik och konceptualisering av anläggningens arkitektur samt de kritiska uppgifterna att säkra nödvändiga licenser och följa regelverk. De beslut som fattas i denna fas kommer att forma hela den nya anläggningens utveckling.

Efter konceptualiseringen och myndighetsgodkännandet i Utvecklingsfasen går projektet vidare till Byggfasen. Denna fas anger början på det konkreta, fysiska förverkligandet och omfattar förberedelser av platsen, omfattande grävningsarbeten och den allmänna konstruktionen av anläggningens byggnad och sekundära infrastruktur. Detta är steget före installationen av de mer specialiserade och centrala systemen i anläggningen.

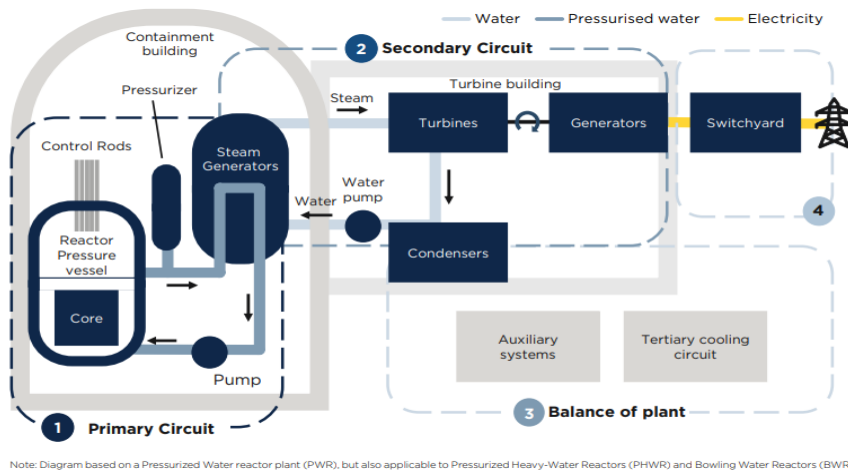
Figuren visar också de kritiska system som integreras under den mer omfattande Konstruktionsfasen. Den primära kretsen ("kärnkraftsön") utgör själva hjärtat i kärnkraftverket. Den omfattar själva kärnreaktortanken, styrtavarna som reglerar kärnklyvningsprocessen och det primära kylsystemet som ansvarar för att överföra den betydande mängd värme som genereras i reaktorn. Primärkretsens integritet och exakta konstruktion är avgörande för en säker och effektiv drift av hela anläggningen.

Därefter identifierar figuren den sekundära kretsen ("turbinön") som nästa viktiga steg i elproduktionen. Detta system tar den termiska energi som transporteras från den primära kretsen och omvandlar den till mekanisk energi genom kraftfulla ångturbiner. Dessa turbiner driver i sin tur generatorerna som producerar elkraften. Turbinöns effektivitet och tillförlitlighet är avgörande för anläggningens totala effektuttag.

Utöver de centrala systemen för energiomvandling omfattar Balance of Plant (BoP) all viktig stödjande infrastruktur som krävs för anläggningens kontinuerliga drift. Detta inkluderar viktiga kylsystem - som, beroende på det lokala klimatet och tillgången på vatten, kan inkludera lätt igenkännliga kyltorn. I länder som Sverige är det dock mindre vanligt att sådana torn används, eftersom det finns rikligt med naturligt kalla vattenkällor och ett gynnsamt klimat för alternativa kylmetoder. Det är viktigt att notera att det, till skillnad från på 1970-talet, för närvarande endast finns

ett fåtal lämpliga platser längs den södra svenska kusten, där elbehovet är som störst, där nya kärnkraftverk kan byggas. Även om det är möjligt att bygga nya anläggningar, utgör dessa begränsade platser en betydande geografisk begränsning som påverkar genomförbarheten och utformningen av kylinfrastrukturen idag. BoP omfattar även vattenreningsanläggningar för att säkerställa processvattnets kvalitet, system för säker avfallshantering och olika hjälpbyggnader som stödjer den dagliga verksamheten.

Slutligen utgör ställverket (nätanslutningen) det kritiska gränssnittet mellan den nyproducerade elektriciteten och det nationella elnätet - dvs vanligtvis det nationella elnätet, även om mindre reaktorer kan anslutas på lägre distributionsnivåer. Det är här som den högspänning som produceras av anläggningen växlas upp och överförs till elnätet, och blir tillgänglig för distribution till slutanvändarna. Dessa olika komponenter är en del av det övergripande byggprojektet, men de belyser den specialiserade teknik och installation som krävs för varje enskilt kritiskt system i ett kärnkraftverk.



Figur 6: Figur över ett kärnkraftverk uppdelat i tre huvudsektioner och flödesvägar

Alla kärnkraftverksprojekt, oavsett om det handlar om små modulära reaktorer (SMR) eller de mer etablerade storskaliga reaktorerna (LSR), följer i stort sett samma livscykel. Den omfattar viktiga faser från inledande utveckling och komplex konstruktion av nyckelkomponenter som kärnkraftsöns, turbinöns och den övriga anläggningen, till den kritiska fasen efter konstruktionen med tester och driftberedskap, vilket visas i översikten nedan. Faserna kan delas in i följande underkategorier, som var och en omfattar en distinkt uppsättning aktiviteter och överväganden. Denna strukturerade uppdelning ger en mer detaljerad förståelse för den komplexa resan från de inledande utvecklingsstadierna till den slutliga anslutningen till elnätet. Varje del-fas spelar en väsentlig roll och bidrar till den övergripande säkerheten, effektiviteten och ett väl genomfört kärnkraftsprojekt.

1.2.1 Utveckling

Utvecklingsfasen omfattar tre delsteg: genomförbarhetsstudie, konstruktion och licensiering. Det är i detta skede som grunden för hela kärnkraftsbygget läggs.

Denna fas täcker de första besluten som avgör projektets genomförbarhet och syftar till att besvara viktiga frågor som vilken teknik som ska användas, hur anläggningen ska konfigureras, hur en licens ska säkras och hur man säkerställer att regelverket efterlevs. Här ingår genomförbarhetsanalyser, plats- och miljöstudier, utveckling av säkerhetsanalysen, systemarkitektur och detaljkonstruktion.

De inblandade aktörerna sträcker sig från Nivå 0 OEM-företag som bidrar med reaktorteknik och konstruktionsbehörighet, till nationella kraftbolag som agerar som utvecklare och sponsorer, och ingenjörföretag som levererar de tekniska ritningarna och efterlevnadspaketet. EPCM (Teknik, upphandling och byggledning) - företag leder vanligtvis inte denna fas, men kan bidra mot slutet när konstruktionen övergår till byggberedskap.

Genomförbarhetsstudie

Genomförbarhetsstudien är det inledande och kritiska steget som inbegriper en omfattande utvärdering för att fastställa den faktiska lönsamheten i kärnkraftverksprojektet. Den omfattar analys

av faktorer som efterfrågan på energi, platsens potentiella lämplighet, ekonomiska prognoser (kostnader och fördelar), miljökonsekvensbedömningar och preliminär riskanalys. Som namnet antyder är resultatet av detta steg avgörande för att fastställa lönsamheten och genomförbarheten för ett projekts framtida utveckling. Det finns fyra huvudområden för genomförbarhet att ta hänsyn till:

Teknisk genomförbarhet:

Teknisk genomförbarhet skulle innebära att utvärdera reaktortekniker som är lämpliga för svenska förhållanden och regelverk. Denna studie omfattar inte bara själva teknologierna utan inkluderar också en bedömning av potentiella platser med hänsyn till faktorer som geologi, närhet till kylvatten och nätanslutningar.

Ekonomisk genomförbarhet:

Denna studie analyserar kapitalkostnader, driftskostnader (inklusive bränsle- och avfallshantering) och förväntade elpriser på den svenska marknaden. De långsiktiga kostnaderna för avveckling och hantering av använt kärnbränsle är kritiska faktorer.

Miljömässig genomförbarhet:

Studien gör en grundlig bedömning av de potentiella miljökonsekvenserna, inklusive utsläpp av värme till vattendrag, markanvändning, effekter på lokala ekosystem och hantering av radioaktivt avfall. En miljökonsekvensbeskrivning (MKB) är obligatorisk för uppförandet av nya kärnkraftsanläggningar enligt den svenska miljöbalken.²²

Samhällelig och politisk genomförbarhet:

Genomförbarhetsstudien tar hänsyn till den allmänna opinionen, lokalt engagemang och anpassningen till de nationella energipolitiska målen, som har förändrats i riktning mot att erkänna kärnkraftens roll i ett fossilfritt energisystem.

Reaktordesign

Det första steget i ett nytt kärnkraftverksprojekt i Sverige är reaktordesign, med fokus på att välja en beprövad och i sig säker reaktorteknik. Detta skulle sannolikt innebära en detaljerad utvärdering av avancerade kokvattenreaktorer (BWR) eller tryckvattenreaktorer (PWR), mot bakgrund av deras dokumenterade driftshistoria och säkerhetsegenskaper. Möjligheterna med små modulära reaktorer (SMR) kan också komma att undersökas, med tanke på deras fördelar i fråga om skalbarhet och genomförbarhet vid driftsättning.

En grundläggande princip för reaktordesignen är att de säkerhetsstandarder som fastställts av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) ska vara obligatoriska och följas. Dessutom måste konstruktionen säkerställa en sömlös integration med det svenska stamnätet och den bredare nordiska kraftmarknaden för att möjliggöra effektiv överföring och distribution av el. Reaktordesignfasen kulminerar i skapandet av omfattande tekniska planer som beskriver anläggningens fysiska arkitektur, integrerade system och enskilda komponenter.

Reaktordesignfasen leds främst av tillverkare av originalutrustning (OEM) och inleds ofta flera år innan ett kraftbolag formellt åtar sig att genomföra ett projekt, eftersom den är nära kopplad till OEM:s immateriella rättigheter. I detta skede väljs en standarddesign eller teknikplattform, till exempel GE-Hitachi BWRX-300, Westinghouse AP1000 eller EDF EPR. Även om OEM-tillverkarna driver denna process kan energibolagens engagemang variera, från att bara observera och samfinansiera forskning och utveckling till att aktivt påverka specifika designfunktioner och passiva säkerhetssystem eller modularisering.

Analys för genomförande

Projektets analys för genomförande bygger vidare på den färdiga reaktordesignen och koncentrerar sig på att visa att den är praktiskt genomförbar, har inbyggda säkerhetsfunktioner och uppfyller alla krav. Alla dessa faktorer är avgörande för att de efterföljande faserna ska bli framgångsrika. En hörnsten i denna fas är utarbetandet av ett omfattande säkerhetsanalysfall. Denna omfattande dokumentation kommer att ge en noggrann demonstration av hur den föreslagna anläggningsdesignen kommer att uppfylla svenska säkerhetsbestämmelser och effektivt hantera alla

identifierade potentiella faror. Säkerhetsanalysen omfattar djupgående analyser av ett brett spektrum av driftsscenarioer och potentiella olycksförhållanden, med en tydlig beskrivning av de inbyggda säkerhetsfunktionerna och etablerade driftsprocedurer som utformats för att både förebygga och effektivt minska alla associerade risker. Vidare skulle utvecklingsfasen också strategiskt införliva överväganden för genomförandet av effektiva strategier för hantering av radioaktivt avfall, vilket säkerställer anpassning till etablerade nationella policyer för säker hantering, säker lagring och ansvarsfull slutförvaring av kärnavfall.

- OEM färdigställer design, slutför tester, förbereder för licensiering
- Definiera leveransmodell (det vill säga tillvägagångssättet för hur projektet ska genomföras, t.ex. endast design, fullständig EPC eller strategiskt partnerskap)
- Energibolag blir alltmer involverade: påverkar anpassningar, kontakt med tillsynsmyndigheter

Övergripande projektdesign (hur reaktorn ska integreras på en plats och hur ett kraftverk ska byggas runt den): När reaktortekniken och leverantörens produkt har valts ut och utvecklats fokuserar projektdesignfasen på att omvandla standarddesignen till en komplett, platsspecifik och licensierbar kärnkraftverkslayout. Denna fas överbrygger klyftan mellan teknikutveckling och implementering i verkligheten och säkerställer att den valda reaktorn kan byggas, drivas och underhållas på ett säkert och effektivt sätt på den valda platsen.

Fasen innefattar:

- Platsspecifik anpassning
- Systemintegration
- Teknisk designdokumentation
- Upphandlingsförberedelser
- Utförandeplanering

Att ta fram en licensierbar, byggbar och fullt projekterad anläggningsdesign som integrerar den valda reaktortekniken i plats- och projektsammanhanget och säkerställer beredskap för myndighetsgodkännande, upphandling och byggnation.

Licensgivning

Att bygga nya kärnkraftverk i Sverige, inklusive stora reaktorer och små modulära reaktorer (SMR), följer ett tvåspårigt tillståndssystem enligt lagen om kärnteknisk verksamhet (1984:3) och miljöbalken (1998:808). Detta kräver godkännanden från flera statliga organ, lokala myndigheter och, vilket är avgörande, Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM), den centrala tillsynsmyndigheten för kärnsäkerhet. Systemet prioriterar driftsäkerhet, skydd mot strålning och omfattande miljöhänsyn. År 2025 inledde den svenska regeringen en översyn för att effektivisera och modernisera tillståndsprocessen. Utredningsdirektivet fastställdes i november 2023. Den resulterande delrapporten, som har skickats ut på remiss, SOU 2025:7, Ny kärnkraft i Sverige – effektivare tillståndsprovning och ändamålsenliga avgifter, innehåller förslag på hur man kan förbättra tillsynseffektiviteten och underlätta den framtida kärnkraftsutvecklingen.²³

En hörnsten i utredningens ramverk är att uppnå initial tillåtlighet. Detta viktiga godkännande från den svenska regeringen skulle vara beroende av positiva bedömningar från SSM (om kärnsäkerhet enligt lagen om kärnteknisk verksamhet) och mark- och miljödomstolen (om miljöpåverkan enligt miljöbalken), tillsammans med det viktiga medgivandet från den lokala kommunfullmäktige. En detaljerad miljökonsekvensbeskrivning (MKB) är obligatorisk. Efter myndigheternas godkännande genomför SSM en detaljerad tillståndsprocess, inklusive ingående granskning av säkerhetsredovisningen (SAR), och tillämpar en stegvis tillståndsgivning för uppförande, provdrift och rutinmässig drift, med krav på säkerhetsdemonstrationer i varje steg och fortlöpande tillsyn.

Bland de viktigaste tillstånden finns ett tillstånd enligt lagen om kärnteknisk verksamhet, som beviljas av regeringen efter en positiv granskning av SSM. Detta tillstånd är grundläggande för kärnsäkerhet, fysiskt skydd och strålskydd och är särskilt viktigt för primärkretsen (reaktorhärd, tryckkärl och kylsystem). SAR ska visa att man uppfyller högt ställda krav, bland annat i SSMs detaljföreskrifter som SSMFS 2008:17 (Föreskrifter om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer), där bland annat principen om djupförsvaret ingår. Därutöver finns ett tillstånd enligt miljöbalken, även det utfärdat av regeringen baserat på domstolens bedömning och kommunens godkännande, som behandlar projektets övergripande miljömässiga acceptabilitet. Efterlevnaden av strålskyddslagen (2018:396) övervakas också av SSM.

Översikt av tillståndsprocessen

Den svenska tillståndsprocessen för kärnkraft sker genom ett antal tydligt avgränsade faser:

Fas 1: Föransökan och förberedelser

Utvecklare genomför genomförbarhetsstudier, preliminär design och platsbeskrivning. Processen för miljökonsekvensbeskrivning (MKB) inleds, vilket innebär tidiga samråd med myndigheter och intressenter. Informell dialog med SSM, Mark- och miljödomstolen och potentiella värdkommuner uppmuntras. För SMR kan detta innebära en formell förhandsprövning med SSM.

Fas 2: Formell ansökan

Den sökande lämnar in två omfattande, parallella ansökningar: en till regeringen (enligt kärntekniklagen, hänvisad till SSM) och en till mark- och miljödomstolen (enligt miljöbalken, inklusive MKB).

Fas 3: Parallell granskning och bedömning

SSM genomför en fördjupad säkerhetsgranskning av ansökan om kärntekniktillstånd och granskar SAR, anläggningens konstruktion (särskilt primärkretsen och säkerhetssystemen), säkerhet, strålskydd, avfallshantering, avvecklingsplaner och organisatorisk kompetens. Samtidigt granskar mark- och miljödomstolen miljöbalksansökan och MKB, hanterar offentliga samråd och bedömer miljöpåverkan. Värdkommunen granskar också formellt förslaget och beslutar om sitt medgivande.

Fas 4: Yttranden och regeringens beslut om tillåtlighet

SSM och mark- och miljödomstolen lämnar sina formella yttranden och förslag till villkor till regeringen. Med beaktande av dessa underlag, det kommunala beslutet, MKB:n och riksintressen fattar regeringen beslut om projektets samlade tillåtlighet, eventuellt med övergripande villkor.

Fas 5: Detaljtillstånd, uppförande och driftsättning (stegvis av SSM)

Om tillåtlighet beviljas utfärdar mark- och miljödomstolen det formella miljötillståndet. Regeringen förväntas delegera ytterligare detaljerad licensiering till SSM. Den sökande ansöker sedan hos SSM om tillstånd att uppföra anläggningen, följt av tillstånd för provdrift (idrifttagning) och slutligen rutinmässig drift. Varje steg kräver detaljerade ansökningar och tillfredsställande säkerhetsgranskningar av SSM, som också utför löpande tillsyn under byggnation och driftsättning.

Fas 6: Drift och löpande tillsyn

Under hela anläggningens drifttid upprätthåller SSM en kontinuerlig tillsyn, inklusive regelbundna inspektioner, revisioner och periodiska säkerhetsgranskningar (vanligtvis vart tionde år). Betydande ändringar kräver SSM:s godkännande. Denna tillsyn sträcker sig fram till fullständig avveckling.

Tillståndsgivning för små modulära reaktorer (SMR)

Även om det befintliga regelverket i stort sett gäller för SMR, arbetar Sverige aktivt med att anpassa regelverket till dessa nyare tekniker. SSM:s krav är huvudsakligen prestandabaserade. Tidööverenskommelsen (koalitionsregeringens plattform som är en överenskommelse mellan Sverigedemokraterna, Moderaterna, Kristdemokraterna och Liberalerna) stödjer SMR och syftar till att effektivisera tillståndsgivningen. SSM har föreslagit åtgärder som att ta bort reaktorbegränsningar, tillåta mer flexibilitet vid lokalisering och införa förhandsprövning av nya SMR-konstruktioner. Internationellt samarbete, särskilt genom OECD:s NEA, eftersträvas också för att harmonisera tillståndsgivningen för SMR. Regeringens mål är att underlätta utbyggnaden av kärnkraft för att uppnå energi- och klimatmålen genom att göra tillståndsgivningen mer effektiv samtidigt som strikta säkerhetsstandarder upprätthålls.

1.2.2 Byggnation/konstruktion

Byggfasen fokuserar på några av de mest konkreta delarna av nybyggnationsprocessen, inklusive planering och schemaläggning, platsförberedelser, utgrävning, allmän byggnation och installation av inledande infrastruktur, inklusive grundläggande el- och vattenförsörjning, vägar inom området, preliminära stödsystem och andra nödvändiga konstruktioner i ett tidigt skede. Detta skapar förutsättningar för installation av reaktorsystem (primärkrets), turbinsystem (sekundärkrets), anläggningsbalans (BoP) och ställverkskomponenter, vilka inte ingår i detta steg.

Byggfasen omfattar den fysiska realiseringen och monteringen av kärnkraftverkets infrastruktur, inklusive anläggningsarbeten, strukturell monterning, mekaniska installationer och omfattande logistik på plats.

På grund av deras mindre miljöavtryck kan omfattningen av utgrävningar och allmän konstruktion för SMR vara mindre jämfört med storskaliga reaktorer. Typen av aktiviteter förblir dock densamma. Om flera SMR-enheter planeras på en och samma plats (t.ex. en "SMR-park") kan den totala konstruktionsinsatsen ändå bli betydande. Modulär konstruktion av SMR syftar till att flytta mer av tillverkningen till fabriksmiljöer och därmed minska mängden allmänt konstruktionsarbete på plats som kan behöva slutföras.

Planering och schemaläggning

Effektiv planering och schemaläggning är avgörande för ett framgångsrikt byggande av ett kärnkraftverk. Denna inledande fas innebär att noggrant definiera i vilken ordning alla aktiviteter ska genomföras, med hänsyn till de komplexa myndighetskrav och strikta säkerhetsprotokoll som är unika för kärnkraftsprojekt. Det innebär att tilldela specialiserade resurser och fastställa realistiska tidsplaner som tar hänsyn till rigorösa kvalitetssäkringsprocedurer och potentiella milstolpar för licensiering. Dessa detaljerade tidsplaner fungerar som en viktig färdplan som styr den komplicerade byggprocessen och möjliggör proaktiv hantering av potentiella förseningar eller utmaningar, såsom leverans av stora, specialtillverkade komponenter eller behovet av omfattande icke-förstörande provning. Grundlig planering säkerställer ett effektivt arbetsflöde och minimerar störningar i alla påföljande faser, vilket i slutändan påverkar projektets säkerhet, kostnad och tidsplan.

Förberedelser och grävning

Den andra fasen av byggprocessen fokuserar på förberedelserna av byggplatsen. Detta omfattar att rensa marken från befintliga byggnader och vegetation, jämna ut terrängen för att skapa en stabil grund, anlägga tillfartsvägar för tung utrustning och personal, sätta upp tillfälliga anläggningar som kontor och lagerutrymmen samt vidta initiala säkerhetsåtgärder. I detta skede genomförs också grundliga geotekniska undersökningar för att kartlägga markförhållandena och säkerställa att marken kan bära de massiva konstruktioner som ska byggas.

Efter förberedelserna av byggplatsen går projektet vidare till markarbeten. Detta är ett omfattande arbete som innebär att stora mängder jord och sten måste avlägsnas för att skapa fundament för reaktorbyggnaderna, turbinhallen och andra viktiga konstruktioner. Djupa markarbeten krävs ofta för reaktorinneslutningen och källarna. Denna fas kräver noggrann planering och utförande, med hjälp av tunga grävmaskiner och säkerställande av stabiliteten i de grävda områdena. Korrekt hantering av utgrävt material och efterlevnad av miljöbestämmelser är också viktiga aspekter i detta skede.

Konstruktion

Den efterföljande fasen omfattar allmän konstruktion, vilket innebär den faktiska byggnationen av kärnkraftverkets infrastruktur, exklusive de specialiserade reaktor- och turbinanläggningarna. Detta inkluderar omfattande anläggningsarbeten, såsom gjutning av betong för fundament och uppförande av huvudbyggnader och hjälpbyggnader. Det innefattar även strukturell monterning, uppförande av stålstommar och andra bärande komponenter.

Installation

Vidare ingår även allmänna mekaniska installationer som grundläggande rörlednings- och ventilationssystem samt omfattande logistik på plats för hantering av material- och personalflöden i denna kategori. I detta skede omvandlas den förberedda och utgrävda platsen till framtida kraftverkets faktiska byggnader och konstruktioner.

Byggmaterial

Materialaspekten av kärnkraftsindustrins värdekedja omfattar en rad kritiska komponenter. Detta inkluderar bulkmaterial såsom cement, betong och konstruktionsstål, som är nödvändiga för anläggningsarbeten och grundkonstruktioner för kärnkraftverk. Utöver detta så krävs specifika legeringar som zirkoniumlegeringar (viktiga för bränsleklädsel på grund av deras låga neutronabsorption och korrosionsbeständighet), högkvalitativa stål (avgörande för reaktortryckkärl och strukturell integritet) och specialmetaller som titan- och nickellegeringar (används i olika högpresterande tillämpningar inom anläggningen). Inköp och kvalitetskontroll av dessa material är av största vikt på grund av de stränga säkerhets- och driftskraven för kärnkraftsanläggningar. Effektiv hantering säkerställer att de finns tillgängliga i rätt tid och uppfyller strikta branschstandarder.

1.2.3 Primärkrets

Primärkretsen är kärnan i kärnreaktorsystemet och är direkt involverad i värmeproduktionsprocessen. SMR-konstruktioner utmärks ofta av enkelhet och kompakthet. Komponenterna i primärkretsen kan vara mindre, mer integrerade eller använda annan teknik (t.ex. kan vissa SMR använda naturlig cirkulation istället för stora pumpar) i jämförelse med LSR:er. Den modulära konstruktionen hos vissa SMR kan innebära att större förmonterade moduler som innehåller komponenter i primärkretsen installeras, vilket kan effektivisera monteringsprocessen på plats. Primärkretsen omfattar vanligtvis följande:

Reaktortryckkärl (RPV)

Denna robusta stålbehållare utgör kärnan i kärnkraftsöen, där kärnbränslet förvaras och där den kontrollerade fissionsreaktionen genererar enorm värme. RPV:s strukturella integritet och tillförlitlighet är avgörande för en säker reaktordrift, eftersom det fungerar som den primära barriären som förhindrar utsläpp av radioaktiva ämnen i miljön. På grund av dess centrala roll för reaktorns säkerhet och funktionalitet omfattas konstruktionen, tillverkningen och underhållet av reaktortryckkärlet av stränga internationella standarder och myndighetstillsyn.

Reaktorinteriör

Reaktorinteriören, som är placerad inuti reaktortryckkärlet, omfattar bränsleelement som innehåller klyvbart material, styrstavar som reglerar kärnreaktionen, moderatorm som bromsar neutronerna och andra strukturella komponenter. Denna noggrant konstruerade konfiguration möjliggör en ihållande och kontrollerad kedjereaktion som producerar den termiska energi som driver kraftgenereringsprocessen.

Ånggeneratorer

Dessa viktiga värmeväxlare används i PWR:er och fungerar som gränssnitt mellan primär- och sekundärkretsarna. De överför högtemperaturvärme under högt tryck från primärkylmediet (som cirkulerar genom reaktorkärnan) till en separat sekundärkrets, vilket producerar ånga som slutligen driver turbinerna och genererar elektricitet.

Tryckhållare

I tryckvattenreaktorer (PWR) upprätthåller tryckhållaren det nödvändiga trycket i den primära kylkretsen. Genom att reglera temperaturen på vatten och ånga i denna behållare förhindras att det primära kylmediet kokar, även vid de höga driftstemperaturer som krävs för effektiv värmeöverföring.

Reaktorkylpumpar

Dessa kraftfulla pumpar ansvarar för cirkulationen av primärkylmediet (vanligtvis vatten) genom reaktorkärnan och ånggeneratorerna. Detta kontinuerliga flöde säkerställer effektiv värmeavledning från reaktorn och överföring till sekundärkretsen, vilket upprätthåller stabila driftstemperaturer.

Inneslutningsstruktur

Denna vanligtvis mycket stora förstärkta betong- och stålkonstruktion omsluter reaktortryckkärlet och andra kritiska komponenter i primärkretsen. Dess primära funktion är att utgöra en robust barriär som förhindrar utsläpp av radioaktiva ämnen i miljön i händelse av en allvarlig olycka inom kärnkraftsöen.

Bränsleförsörjningssystem

Detta system omfattar alla moment som rör hantering, lagring och laddning av kärnbränsle i reaktorhärden. Det innefattar tillförsel av nya bränsleelement, säker lagring på plats och den noggrant planerade processen att införa dem i reaktorn enligt en specifik konfiguration som är optimerad för en effektiv och säker kärnreaktion.

Detta är ett mycket specialiserat och kritiskt skede. Det innebär att kärnreaktorens centrala komponenter, inklusive reaktortanken, ånggeneratorerna, tryckhållaren och det komplexa nätverket av högtrycksrör som cirkulerar i primärkylmediet, måste placeras och monteras noggrant. Detta arbete kräver precisionsteknik, strikt efterlevnad av kvalitetskontroll- och säkerhetsprotokoll och involverar ofta specialiserad tung lyftutrustning och högkvalificerad personal.

1.2.4 Sekundärkrets

Sekundärkretsen kan också delas in i fyra separata underkategorier. Här tar sekundärkretsen emot värmen som genereras i primärkretsen (eller direkt från reaktorkärnan i vissa konstruktioner, såsom kokvattenreaktorer – BWR) och omvandlar den till mekanisk energi för att driva turbinen. Den omfattar vanligtvis:

Ångturbiner

Dessa stora, flerstegsturbiner omvandlar den termiska energin från högtrycksången som genereras i primärkretsen till mekanisk rotationsenergi. När ången expanderar genom turbinbladen får det rotorn att snurra, vilket i sin tur driver elgeneratören. Turbinens rotor är direkt ansluten till generatören, som omvandlar den mekaniska energin till elektrisk energi genom elektromagnetisk induktion. Detta är det sista steget i omvandlingen av kärnvärme till användbar elektricitet för elnätet.

Kondensorer

Kondensorn är placerad efter ångturbinerna och kyler och kondenserar avgasången så att den återgår till vatten (matarvattnet). Denna fasförändring skapar ett vakuum vid turbinens utlopp, vilket avsevärt ökar ångcykelns effektivitet. Den bortledda värmen överförs vanligtvis till kylvatten.

Mellanöverhettare (*Moisture Separator Reheaters*)

Dessa komponenter finns ofta i större kärnkraftverk och är placerade mellan högtrycks- och lågtrycksstegen i ångturbinen. De avlägsnar fukt som bildas när ången expanderar och kyls och värmer sedan upp ången igen för att förbättra turbinens verkningsgrad och förhindra skador på lågtrycksbladet.

Matarvattensystem

Detta system ansvarar för att ta kondensvattnet (matarvattnet) från kondensorn och pumpa tillbaka det till ånggeneratorerna i primärkretsen. Matarvattnet förvärms ofta med hjälp av värme som återvinns från olika steg i turbinkretsloppet för att förbättra anläggningens totala termiska verkningsgrad.

Instrumentering och styrning (I&C)

Sensorer och styrsystem som övervakar och reglerar driften av turbiner, generatorer och tillhörande system. Dessa system säkerställer optimal prestanda för turbiner, kondensor och matarvattensystem, reagerar på förändringar i energibehovet och upprätthåller en stabil och effektiv energiomvandling.

1.2.5 Balance of Plant (BoP)

Utöver primär- och sekundärkretsarna är ett kärnkraftverk beroende av en rad viktiga system som tillsammans kallas Balance of Plant (BoP). Dessa system stöder de centrala kraftproduktionsprocesserna och säkerställer att anläggningen fungerar säkert och effektivt. Viktiga BoP-komponenter är bland annat:

Kondensor

Kondensorn är en viktig värmeväxlare i sekundärkretsen. Efter att ångan har drivit turbinen måste den kylas och kondenseras tillbaka till vatten för att pumpas tillbaka till ånggeneratorerna, vilket fullbordar cykeln. Denna kondensationsprocess innebär vanligtvis att en stor mängd kylvatten cirkulerar genom rör i kondensorn. Värmen från avgasången överförs till detta kylvatten, som sedan antingen släpps ut (i ett genomströmningsskylsystem) eller skickas till kyltorn eller andra värmeväxlare för värmeavledning. Kondensorns effektivitet påverkar direkt kraftverkets totala effektivitet.

Kyltorn/värmeväxlare

Kyltorn eller andra värmeväxlare är viktiga för att avleda spillvärmen från kondensorns kylvatten. I system med kyltorn sprutas det varma vattnet från kondensorn nedåt, och avdunstningen kyler det återstående vattnet, som sedan återcirkuleras. Det finns olika typer av kyltorn, bland annat med naturlig dragkraft och mekanisk dragkraft. Alternativt kan andra typer av värmeväxlare, såsom luftkylda kondensorer eller ytkondensorer som använder en stor vattenmassa, användas för att avge värme till omgivningen. Valet av kylteknik beror på faktorer som miljöbestämmelser, vattentillgång och platsförhållanden.

Pumpar

Pumpar är nödvändiga i hela anläggningen för att säkerställa en tillförlitlig och kontinuerlig transport av olika vätskor. Stora pumpar krävs för att cirkulera kylvattnet genom kondensorn och för att pumpa tillbaka kondensvattnet till ånggeneratorerna (matarvattenspumpar). Många andra pumpar används för hjälpkylsystem, servicevattensystem och olika andra processer i anläggningen, vilket säkerställer att rätt flödeshastigheter och tryck upprätthålls för en effektiv och säker drift.

HVAC-system

HVAC-system (värme, ventilation och luftkonditionering) är avgörande för att upprätthålla kontrollerade miljöer i olika byggnader och områden i kärnkraftverket. Dessa system säkerställer personalens komfort och säkerhet, skyddar känslig utrustning från extrema temperaturer och fuktighet och spelar en viktig roll för att förhindra spridning av luftburen kontaminering i radiologiskt kontrollerade områden. HVAC-system av kärnkraftsklass innehåller ofta högeffektiva partikelfilter (HEPA) och tryckkontrollmekanismer för att upprätthålla luftkvaliteten och förhindra utsläpp av radioaktiva partiklar.

Instrumentering och styrning

Instrumenterings- och styrsystem (I&C) utgör "nervsystemet" i anläggningen och tillhandahåller de sensorer, styrenheter och gränssnitt som behövs för att övervaka och reglera driften av alla dessa hjälpsystem. Detta inkluderar ett brett utbud av instrument som mäter parametrar såsom temperatur, tryck, flödeshastighet och vätskenivåer. Sofistikerade styrsystem, ofta datorbaserade, justerar automatiskt ventiler, pumpar och annan utrustning för att upprätthålla önskade driftförhållanden och svara på förändrade krav från anläggningen. Pålitliga och exakta I&C-system är avgörande för en säker, stabil och effektiv drift av BoP.

1.2.6 Ställverk

Denna fas utgör den avgörande kopplingspunkten mellan kraftverket och elnätet. Den innefattar installation av viktig utrustning som möjliggör säker och effektiv överföring av den genererade elen till överföringsnätet.

Transformatorer

Transformatorer spelar en viktig roll i ställverken genom att höja spänningen i den el som genereras av anläggningen till de höga spänningsnivåer som krävs för effektiv långdistansöverföring över elnätet. Det handlar vanligtvis om stora transformatorer med hög kapacitet som är konstruerade för att hantera den betydande effekten från ett kärnkraftverk. De säkerställer att elen kan överföras med minimal energiförlust över långa avstånd för att nå konsumenterna.

Kopplingsutrustning

Kopplingsutrustning omfattar en rad elektriska enheter, däribland högspänningsbrytare, fränkopplare (isolatorer) och strömtransformatorer. Dessa komponenter är nödvändiga för att styra, skydda och isolera olika delar av det elektriska systemet inom ställverken och anslutningen till elnätet. Brytare är avgörande för att bryta felströmmar och skydda utrustningen från skador, medan fränkopplare ger en synlig isoleringspunkt för underhåll. Styrsystem kopplade till kopplingsutrustningen möjliggör säker och tillförlitlig hantering av kraftflödet till elnätet.

Överföringsledningar

Överföringsledningar är högspänningsledningar som transporterar den elektricitet som transformatorerna har höjt från ställverken till det större elnätet. Dessa ledningar stöds vanligtvis av stora pyloner eller torn och är utformade för att effektivt överföra stora mängder energi över långa avstånd. Utformningen och konstruktionen av dessa ledningar följer strikta tekniska och säkerhetsmässiga standarder för att säkerställa en tillförlitlig leverans av elektricitet till distributionsnätet och slutligen till slutanvändarna.

1.3 Viktiga globala aktörer

Vilka är de viktigaste globala teknikleverantörerna inom kärnan av värdekedjan/värdekedjorna? Vilka kritiska komponenter inom kärnan av reaktordelen av värdekedjan tillverkas utanför Norden? Och (följaktligen) vilka är de viktigaste globala leverantörerna som kan tillhandahålla sådan teknik?

För att kunna bedöma potentialen för nya byggprojekt inom det civila kärnkraftsområdet är det viktigt att förstå hur marknaden för globala teknikleverantörer ser ut. I detta avsnitt undersöks de viktigaste internationella företagen som levererar kärnreakorteknologi och kritiska komponenter. Syftet är att beskriva vilka väsentliga delar av reaktorvärdekedjan som för närvarande inte produceras i Norden och därför måste importeras, samt att identifiera de dominerande globala aktörerna inom dessa områden.

Detta avsnitt fokuserar på Nivå 0-OEM-tillverkare (originalutrustningstillverkare) som ligger högst upp i leveranskedjan för kärnkraftverk. Dessa är vanligtvis stora, multinationella teknik- och ingenjörföretag med expertis och resurser för att designa, konstruera och leverera till stora företag och projekt.

Dessa är systemintegratorerna – de stora, multinationella ingenjör- och teknikföretagen som besitter den omfattande expertis och de betydande resurser som krävs för att:

- **Utforma hela kärnkraftverket:** Detta inkluderar reaktorteknologi, säkerhetssystem och integration med andra komponenter i anläggningen
- **Konstruera de komplexa systemen:** De hanterar de detaljerade tekniska specifikationerna och ser till att alla komponenter fungerar säkert och effektivt tillsammans
- **Leverera de viktigaste integrerade komponenterna och systemen:** Även om de inte tillverkar varje enskild mutter och skruv, ansvarar Nivå 0 -OEM-tillverkare för att tillhandahålla de mest kritiska och tekniskt avancerade delarna av anläggningen, ofta genom att hantera ett nätverk av Nivå 1- och Nivå 2-leverantörer (som de definieras i sektion 2.2)
- **Hantera det övergripande projektet:** De tar ofta ett stort ansvar för projektets genomförande, inklusive att övervaka byggandet och säkerställa att kvalitetsstandarderna uppfylls

Viktiga globala teknikleverantörer i kärnan av värdekedjan för kärnreaktorer inkluderar Westinghouse (AP1000-teknik, reaktorbehållare), EDF (EPR-teknik, reaktorbehållare), Rolls-Royce (SMR-reaktorörlösningar), Rosatom²⁴ (tillverkning av reaktoröar), Doosan Enerbility²⁵ (tillverkning av reaktorbehållare och primärkretsar) och GE Hitachi (BWRX-300-teknik).

Exempel på internationella OEM-tillverkare och tekniker:

Den internationella utvecklingen av kärnteknik leds av en rad olika originalutrustningstillverkare (OEM) i fyra viktiga globala regioner, som erbjuder ett brett utbud av kärnteknik. De största aktörerna, som främst fokuserar på äldre och storskaliga reaktorteknologier (LSR), är EDF i Frankrike, Westinghouse i USA, GE Hitachi (USA/Japan), Doosan Enerbility i Sydkorea (specialiserat på

tillverkning av reaktorbehållare och primärkretsar), Rosatom i Ryssland och Emirates Nuclear Energy Corporation (MENA). Parallellt med detta drivs utvecklingen och marknadsföringen av små modulära reaktorer (SMR) i hög grad av OEM-tillverkare som Rolls-Royce i Storbritannien och, framför allt, GE Hitachi (USA/Japan), som också har en stark närvaro inom LSR-sektorn.

Tillsammans lyfter dessa OEM-tillverkare fram den globala spridningen av expertis som formar kärnkraftens framtid:

Westinghouse (USA): En Nivå 0-OEM som erbjuder sin AP1000-teknik (en komplett anläggningsdesign) och levererar kritiska komponenter som reaktorbehållare. De tillhandahåller en helhetslösning för storskaliga kärnkraftverk

EDF (Frankrike): Som ett stort energibolag och innehavare av EPR-tekniken fungerar EDF som en Nivå 0-OEM som designar och ofta leder utvecklingen av stora kärnkraftverk. De har också kapacitet att leverera viktiga komponenter som reaktorbehållare

Rolls-Royce (Storbritannien): Rolls-Royce är traditionellt känt för kärnkraftsdrift, men positionerar sig nu som en Nivå 0-OEM för små modulära reaktorer (SMR) och erbjuder en komplett "reaktorörlösning". Detta omfattar design, konstruktion och leverans av den kärntekniska delen av ett SMR-kraftverk

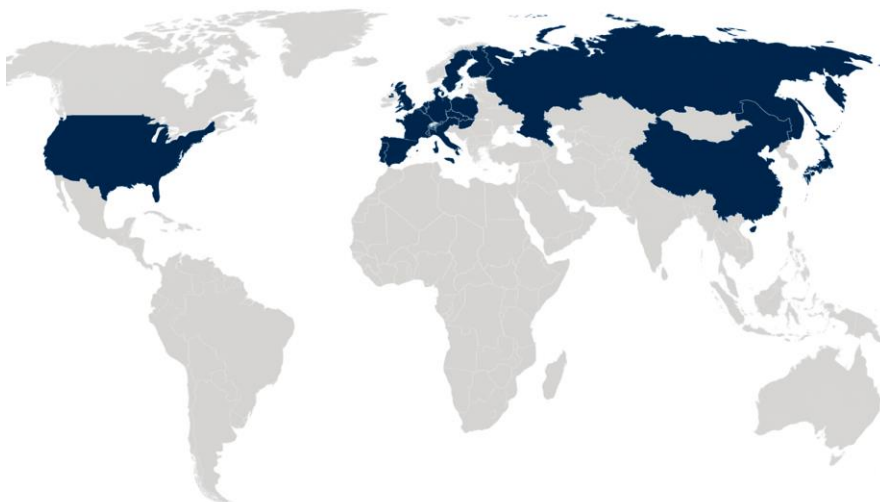
Rosatom (Ryssland): Ett statligt ägt kärnkraftbolag med ett komplett spektrum av kompetenser, som agerar som Nivå 0-OEM. De designar, bygger, driver och till och med bränsleförsörjer kärnkraftverk, och erbjuder omfattande "reaktoröktillverkning" och helhetslösningar för anläggningar

Doosan Enerbility (Sydkorea): Doosan är specialiserat på tillverkning av reaktorbehållare och primärkretskomponenter, men fungerar ofta som en viktig Nivå 1-leverantör till Nivå 0-OEM-tillverkare som Westinghouse, EDF och KHNP. Deras tillverkningskompetens är dock avgörande och gör dem till en viktig aktör i värdekedjan för kärnreaktorer

GE Hitachi (USA/Japan): I likhet med Westinghouse och EDF är GE Hitachi en Nivå 0-OEM som erbjuder sin BWRX-300 SMR-teknik som ett komplett reaktorsystem. De utnyttjar sin erfarenhet av stora BWR-reaktorer för att tillhandahålla en omfattande SMR-lösning

China National Nuclear Corporation (CNNC): En stor statlig Nivå 0-OEM i Kina, ansvarig för utveckling och implementering av Kinas inhemska kärnreakorteknologier samt byggande av kärnkraftverk både inom landet och internationellt

Världskartan nedan visar den omfattande geografiska spridningen av dessa OEM-tillverkare:



Figur 7: Världskarta som visar den geografiska spridningen av ovannämnda OEM-tillverkare

2. Omfattning och introduktion till gap-analysen

En framgångsrik utbyggnad av ny kärnkraft i Sverige är beroende av ett komplext samspel mellan tekniska, institutionella och samhällsliga faktorer. Flera viktiga förutsättningar påverkar genomförbarheten och genomförandet av nya kärnkraftsbyggen, allt från privata och offentliga aktörers beredskap till bredare marknadsförhållanden och regelverk.

Dessa inkluderar:

- Privata aktörer och resurser (inklusive teknik, humankapital och arbetskraftens beredskap)
- Offentliga aktörer och resurser
- Beredskap i leveranskedjan och lokaliseringspotential
- Politisk samsyn
- Marknads- och systemförhållanden
- Lagstiftning, lokal och internationell
- Finansierings- och investeringsklimat
- Allmänhetens acceptans

Denna gap-analys fokuserar främst på de tre första områdena: **privata aktörer och resurser (inklusive teknik, humankapital och arbetskraftens beredskap), offentliga aktörer samt leveranskedjans beredskap och lokaliseringspotential**. De återstående faktorerna beaktas indirekt och behandlas inte i full utsträckning. Ambitionen är att göra en fördjupad bedömning av de tre första områdena för Sverige och Norden, samt en identifiering av kritiska internationella beroenden som kan uppstå genom observerade kapabilitetsbrist.

2.1 Nivåstruktur

I kärnkraftsindustrins värdekedja används en hierarkisk struktur för att klargöra vem som fyller varje roll och hur viktig deras roll är. Vissa aktörer leder projektet och tillhandahåller den faktiska reaktorteknologin. Andra bidrar med viktiga system, teknik eller byggnadsexpertis. Och vissa stöder med komponenter eller tjänster som, även om de inte är specifika för kärnkraft, ändå är väsentliga. Denna uppdelning ger en förståelse för var Sveriges styrkor ligger och var Sverige är beroende av andra.

Nivå 0: Ägare, operatörer och OEM-tillverkare (kärnteknologi och projektägande)

Huvudaktörer:

- Kärnkraftsbolag och anläggningsägare (Nivå 0 – kraftbolag)
- Reaktor-OEM:er – företag som konstruerar, licensierar och levererar kärnkraftsdelen (Nivå 0 – OEM:er)

Uppgift:

- Driva det övergripande projektkonceptet och valet av reaktorteknologi.
- Ta juridiskt och regleringsmässigt ansvar för kärnsäkerheten.
- Nivå 0 äger affärsmodellen och tillför eget kapital.
- Tillhandahålla design av kärnsystem (reaktortryckkärl, interna komponenter, primärkrets, bränsle etc.).
- Ofta leda EPC- eller EPCM-arbete i nyckelfärdiga modeller.

Exempel på Nivå 0:or:

- EDF, GE Hitachi, Westinghouse, Vattenfall (ägare/operatör)

Nivå 1: Teknik, systemintegration och leverantörer av nyckelkomponenter

Huvudaktörer:

- EPC-företag, avancerade teknikkonsulter

- Specialiserade systemleverantörer
- Erfarna byggföretag och komponenttillverkare

Uppgift:

- Leverera detaljerad teknik, licensieringsstöd, anläggningsarbeten och integration
- Tillhandahålla viktiga delsystem, såsom turbiner, I&C-system, HVAC och säkerhetssystem
- Samordna med Nivå 0-OEM-tillverkare för att anpassa kärndesignen till lokala plats- och regleringsförhållanden

Exempel på Nivå 1:or:

- AFRY²⁶ (systemintegration), ABB²⁷ (I&C), Studsvik²⁸ (bränsleanalys), Bouygues²⁹ (byggnadsarbeten), Danfoss³⁰ (HVAC-styrning)

Nivå 2: Stödande leverantörer

Huvudaktörer:

- Företag som ofta saknar kärnkraftserfarenhet men som har överförbara kompetenser från närliggande sektorer (olja och gas, infrastruktur, förnybar energi).
- Inkluderar underleverantörer, elinstallatörer, materialleverantörer och industriella tjänsteleverantörer.

Uppgift:

- Stöd med standardkomponenter, industriell konstruktion, instrumentering eller tillverkning
- Arbetar vanligtvis under Nivå 1-företag i en underleverantörs- eller leverantörsroll
- Kan med tiden utvecklas till Nivå 1-aktörer med tillräcklig exponering och kvalifikationer inom kärnkraftsprojekt

Exempel på Nivå 2:or:

- Elajo³¹ (elinstallation), Amokabel³² (kablar), Roxtec³³ (*sealing systems*), Tensor AB³⁴ (*fasteners*)

För gap-analysen har fokus varit på Nivå 0- och Nivå 1-leverantörer, med målet att göra en uttömmande identifiering inom Sverige och Norden. Detta omfattar identifiering av luckor och relevanta internationella Nivå 0- och Nivå 1-leverantörer som skulle kunna stödja nybyggnation av kärnkraftverk i Sverige. Endast de Nivå 2-leverantörer i Sverige som anses vara kritiska för värdekedjan har inkluderats, vilket innebär att listan över Nivå 2-leverantörer inte är uttömmande.

2.2 Allmän översikt över nybyggnation av kärnkraftverk, olika scenarier och deras inverkan på gap-analysen

Det finns två viktiga modeller att beakta, beroende på vilken typ av nybyggnadsprojekt som ska genomföras och vilken teknik som väljs. Även om äganderätten och ansvaret ligger på Nivå 0 kan den exakta ledarrollen följa två huvudsakliga arketyper: nyckelfärdig eller användarledd. Dessa är inte fasta kategorier utan punkter på ett spektrum. I alla fall förblir användaren den kontrakterande kunden, även om en OEM driver den dagliga driften och verksamheten.

Alternativ 1: Nivå 0 OEM leder projektet operativt: Nyckelfärdig eller konsortiemodell, vanligt för ”First-of-a-Kind”- eller ”First-in-a-While-konstruktioner”

I denna modell fungerar Nivå 0 OEM (Original Equipment Manufacturer), som äger och levererar kärnreakorteknologin, som huvudutvecklare för hela kärnkraftsprojektet. OEM tar vanligtvis ansvar inte bara för kärnkraftssystemen utan också för att hantera hela projektleveransen.

Typiska tillämpningsområden:

Denna metod används vanligtvis för första byggnationer av sitt slag eller byggnationer som inte genomförts på länge, särskilt i länder utan ny erfarenhet av kärnkraftsbyggnation eller där energibolaget saknar intern kapacitet att hantera storskaliga kärnkraftsprojekt.

Exempel:

- EDF/Framatome i Flamanville (Frankrike) och Hinkley Point C (Storbritannien)
- KHNP i Barakah (Förenade Arabemiraten)

- Areva-Siemens i Olkiluoto 3 (Finland)

OEM-tillverkarens huvudsakliga ansvar:

- Konstruktion och design av reaktorn och kärnkraftssystemen.
- Fullständig projekt- och gränssnittshantering mellan alla entreprenörer.
- EPCM (konstruktion, upphandling och byggledning), antingen direkt eller genom ett konsortium.
- Underentreprenad för anläggningsarbeten, balanssystem och annan stödjande infrastruktur.

Denna modell förenklar genomförandet för energibolaget, eftersom OEM-tillverkaren bär större delen av den tekniska risken och leveransrisken. Det kan dock minska energibolagets inflytande över design, val av leverantör och lokalisering. Graden av lokal industriell involvering beror till stor del på OEM-tillverkarens globala leveranskedjestrategi och vilja att samarbeta med lokala partner.

Alternativ 2: Energibolag leder tillsammans med oberoende EPCM och licensierar OEM-teknik: Vanligare på mogna kärnkraftsmarknader.

Med denna metod tar energibolaget eller projektets sponsor en central roll i projektets genomförande. Det anlitar ett oberoende EPCM-företag (Engineering, Procurement and Construction Management) för att övervaka konstruktionen och leveransen av anläggningen, samtidigt som man köper in kärnreakorteknologi från en Nivå 0-OEM enligt ett licens- eller leveransavtal.

Typiska användningsfall:

Denna modell är vanligare i länder med befintlig kärnkraftserfarenhet, kompetenta energibolag och stark projektledningskapacitet. Den möjliggör större strategisk kontroll och flexibilitet.

Exempel:

- Bruce Power i Kanada, som anlitar oberoende EPCM-företag för stora renoveringar.
- Framtida projekt som Sizewell C (Storbritannien), där mer lokal förvaltning kan läggas till en EDF-teknikbas.

Huvudsakliga ansvarsområden:

- Väljer och hanterar EPCM-företaget
- Licensierar reaktorteknologi från OEM-tillverkare (t.ex. Framatome³⁵, Westinghouse, GE Hitachi)
- Övervakar integration, lokalisering och riskhantering under hela projektets livscykel

Denna modell kräver större intern kapacitet från energibolaget, men ger större inflytande över val av leverantörer och lokaliseringsstrategi. OEM-tillverkaren spelar en mer begränsad roll, med fokus på att leverera kärnkrafts-delen och stödja licensieringen.

2.3 Nybyggnation av kärnkraftverk i Sverige, en bedömning av det mest sannolika alternativet

Sveriges senaste kärnreaktor, Forsmark 3, togs i kommersiell drift i augusti 1985. Eftersom inga nya reaktorer har byggts sedan dess saknar landet aktuell erfarenhet av kärnkraftverksbyggande. Därför bör alla kommande kärnkraftsprojekt betraktas som "första på länge". I sådana projekt tar vanligtvis Nivå 0-OEM, den primära teknikleverantören, en ledande roll. En av de viktigaste aspekterna av denna roll är djupgående kärnkraftskunskap, men också förståelse för hur projekten hänger samman genom olika stadier och processer, övervakning och integration.

En sådan aktör skulle ingå i ett bredare ekosystem som gör det möjligt att integrera erfarna internationella företag med nationella leverantörer för civil leverans. Det är därför viktigt för en global EPC-integratör att specificera och upphandla alla system. Omfattningen av lokala svenska eller nordiska företags deltagande kommer i stor utsträckning att bero på de lokaliseringskrav som ställs av de energibolag som beställer reaktorer. Dessa krav kan variera avsevärt, från minimalt lokalt deltagande till betydande engagemang i olika faser, inklusive design, konstruktion, komponenttillverkning och konstruktion. En stor Nivå 0-OEM pekade på sin förmåga att designa sina system så att de "integreras väl". Dessutom påpekade de vikten av samhällsstöd genom transparent kommunikation, medan engagemang med europeiska kollegor säkerställer samordning av gemensam teknik och regleringspraxis.

Därför är ett tidigt och proaktivt engagemang med potentiella OEM-tillverkare och EPC-partner (Engineering, Procurement, and Construction) avgörande för att maximera möjligheterna för den inhemska industrin att delta i Sveriges utbyggnad av kärnkraft.

Om denna inriktning bekräftas kommer det att få viktiga konsekvenser för hur projektet utvecklas och hur intressenterna bör positionera sig.

Strategiska implikationer: Vikten av tidigt engagemang med OEM-tillverkare och EPC-företag

- Om svenska företag till exempel väljer alternativ 1 kommer den valda OEM-tillverkaren och den globala EPC-partnern att spela en central roll i utformningen av projektet, inte bara när det gäller design och leverans, utan också när det gäller att identifiera och kontraktera leverantörer i hela värdekedjan.
- I praktiken innebär detta att dessa internationella partner kommer att ha ett betydande inflytande över vilka företag som involveras i projektet, bland annat inom områden som komponentleveranser, anläggningsarbeten, ingenjörstjänster och systemintegration.
- För Sverige, och i viss mån även för Norden i stort, innebär detta både en utmaning och en möjlighet. Om det strategiska målet är att maximera svenskt (och nordiskt) industriellt deltagande i framtida kärnkraftsprojekt är det viktigt att tidigt och proaktivt engagera sig med de utvalda OEM-tillverkarna och EPC-partnerna.

2.4 Kapacitetsbegränsningar

Flera intervjuade har framhållit att den betydande globala pipelinen av nya kärnkraftsprojekt kan leda till kapacitetsbegränsningar bland de få Nivå 0-OEM-tillverkare som kan leverera fullskaliga kärnreaktorslösningar. Dessa begränsningar kan potentiellt skapa flaskhalsar, särskilt eftersom flera länder konkurrerar om samma begränsade pool av beprövade leverantörer och expertis³⁶.

Som ett resultat av detta kan Nivå 0-OEM-tillverkare aktivt söka bred lokal support, särskilt inom områden utanför kärnkraftens kärnområde, såsom konstruktion, infrastruktur och konventionella system. Omfattningen av detta lokala engagemang kommer att bero både på det tekniska valet och den valda reaktorn samt på OEM-tillverkarens strategiska tillvägagångssätt, inklusive hur integrerad eller modulär deras lösning är. Till exempel är modulariteten högre i en SMR-reaktor. En stor nordisk branschorganisation inom det civila kärnkraftsområdet påpekade vikten av att integrera nordiska företag i strukturerade EPC-modeller för att säkerställa betydande bidrag till svenska eller bredare nordiska kärnkraftsprojekt. Dessutom har en framstående utvecklare av små modulära reaktorer betonat att SMR:s inneboende modularitet underlättar en smidig integration genom att möjliggöra en högt standardiserad och stegvis strategi för projektutveckling.

De intervjuade betonade också att, bortsett från det som är specifikt för kärnkraft, nämligen primärkretsen och reaktorhärden, liknar resten av ett kärnkraftverk i hög grad ett storskaligt industriellt energiinfrastrukturprojekt. I grund och botten är den viktigaste skillnaden energikällan (dvs. kärnklyvning), men de flesta stödsystem, byggprocesser och projektledningsstrukturer är jämförbara med dem som finns i konventionella kraftverk eller processindustriärläggningar.

Ett stort byggföretag pekade just på Sveriges kompetens inom dessa områden. Detta bekräftades genom de genomförda intervjuerna, där ett stort svenskt ingenjörföretag betonade behovet av "mjuk infrastruktur", det vill säga en "upprepbar kunskapsbas, centraliserade dokumentationsplattformar och erfarna övervakningsteam". Flera av de intervjuade företagen visade upp sina starka meriter inom konstruktion och infrastruktur. Dessa sträcker sig bortom tekniska färdigheter och omfattar även avancerade processer för intressentengagemang, särskilt bland kommuner, anläggningsoperatörer och projektplanerare.

2.5 Program kontra engångsprojekt

Om Sverige antar en programstrategi för utbyggnaden av kärnkraft, genom att bygga en serie reaktorer istället för en enda fristående enhet, kommer detta att få betydande konsekvenser för integrationen av lokala leverantörer, kostnadseffektiviteten och industriell planering. En sådan helhetsinriktad, flottbaserad strategi är avgörande och bör vara en nationell rekommendation. Detta eftersom den ger marknadsaktörerna nödvändig långsiktig synlighet, vilket är särskilt viktigt med

tanke på den aktuella globala leverantörskapaciteten. Om man inte tydligt anger långsiktiga planer kan det leda till att leverantörer prioriterar andra länder med mer förutsägbara och omfattande projekt. Ett program med flera reaktorer skapar starkare argument för utveckling av lokala leverantörer och större incitament för både OEM-tillverkare och EPC-företag att investera i relationer med lokala leverantörer och bygga upp långsiktiga kompetenser inom Sverige eller Norden.

Det beror på följande:

- Repetitionseffekter gör det lönsamt att certifiera och utbilda lokala företag en gång och sedan anlita dem i flera projekt.
- Balansen mellan risk och avkastning förändras: lokala företag är mer villiga att investera i certifieringar, verktyg och kunskap om framtida affärsvolymerna är mer förutsägbara.
- En repeterbar leveranskedja gör det möjligt för lokala leverantörer att gradvis skala upp, vilket minskar risken för överbelastning och möjliggör produktivetsförbättringar.

Principen om repetitionsfördelar sträcker sig i hög grad till den strategiska utvecklingen av en högkvalificerad lokal arbetskraft. Detta innebär att man antar en stegvis strategi för kompetensutveckling, där färdigheter byggs upp gradvis och kontinuerligt över tid. Effektiv vägledning, med tydliga karriärvägar och utbildningsmöjligheter, är avgörande för att attrahera och vägleda nya talanger till branschen, vilket maximerar effektiviteten i den initiala rekryteringen och grundläggande utbildningsinsatser. Genom att konsekvent investera i och upprepade gånger engagera sig i det lokala humankapitalet genom strukturerade program (ungefär som de nederländska initiativen³⁷ för att öka antalet anställda inom kärnkraftsbranschen, eller plattformar som Destination Nuclear³⁸) kan organisationer utnyttja dessa ekonomier för att inte bara kvalificera individer för specifika roller utan också för att öka den lokala kompetensen i en bredare, mer hållbar mening, vilket säkerställer en robust och anpassningsbar arbetskraft för på varandra följande projekt.

Seriell konstruktion av samma eller liknande reaktordesigner kan avsevärt minska de totala projektkostnaderna. Viktiga kostnadsreducerande mekanismer är bland annat:

- Standardiserade konstruktioner som minskar konstruktionstiden och komplexiteten i upphandlingen.
- Inläringseffekter, där både OEM-tillverkare och lokala leverantörer blir mer effektiva för varje efterföljande byggnation.
- Återanvändning av infrastruktur i leveranskedjan, såsom logistiknav, kvalificerade underleverantörer och digitala verktyg för byggplanering.
- Förbättrad projektstyrning, där erfarenheter från tidigare reaktorer tillämpas på senare reaktorer.

Erfarenheter från länder som Förenade Arabemiraten visar att enhetskostnaden för kärnkraft kan sjunka avsevärt, med upp till 40 % (fjärde reaktorn jämfört med första), när reaktorer byggs i serie med hjälp av en enhetlig modell och leveransmetod.³⁹

En seriell strategi skulle göra det möjligt för Sverige att etablera en mer hållbar inhemsk kärnkraftsförsörjningskedja, istället för att helt förlita sig på internationell underleverantörsverksamhet. Det skulle också kunna skapa exportmöjligheter för svenska leverantörer som utvecklar konkurrenskraftig expertis under den nationella utbyggnaden. I följande avsnitt behandlas värdekedjan i detalj, med varje del behandlad i ett eget kapitel. Svensk och nordisk kapacitet kommer att undersökas, och eventuella luckor kartläggas.

2.6 Metod för gap-analys

Vid genomförandet av gap-analysen har Business Sweden använt ett rankingssystem för att identifiera och utvärdera styrkor och svagheter inom värdekedjan för kärnkraft i Sverige.

- Baserat på den genomförda kartläggningen har Business Sweden rangordnat både huvudkomponenterna och de enskilda delkomponenterna för att förstå styrkorna och svagheter i värdekedjan för svensk kärnkraft.
- Utvärderingen omfattar i första hand studiens huvudfokus, dvs. den svenska kapaciteten inom denna sektor, men Business Sweden har också på en övergripande nivå bedömt den nordiska kapaciteten och de internationella beroendeförhållandena. Den nordiska kapaciteten omfattar även Sverige, och syftet med denna aspekt är därför att förstå vad Sverige och våra

partner i grannländerna gemensamt kan leverera. Utvärderingen av internationella beroenden fungerar som en restfaktor, dvs. om Sverige och/eller Norden har låg/svag kapacitet inom en viss komponent kommer beroendet att vara högt eller mycket högt, och vice versa.

- Nedan följer en beskrivning av de rankningsalternativ som har använts, avsedd att fungera som en läsarhandledning för de följande sidorna.

Svenska förmågor		Nordiska förmågor (inkl. Sverige)		Internationella beroenden (gentemot Sverige)	
Bedömning	Kommentar	Bedömning	Kommentar	Bedömning	Kommentar
Saknas	Ingen inhemsk kapacitet. Helt beroende av internationella OEM-tillverkare. Inga aktiva nivå 1- eller nivå 2-leverantörer.	Saknas	Ingen relevant nordisk förmåga eller medverkan	Saknas	Sverige och Norden är helt beroende av internationella aktörer (nivå 0-OEM, EPC, IP-innehavare); leverans är omöjlig utan dem
Begränsad	Begränsade lokala aktörer, endast mindre roller. Kräver internationellt ledarskap och teknisk integration.	Begränsad	Nordiska aktörer finns, men erbjuder endast marginellt värde eller har mer indirekt relevans.	Begränsad	Sverige och Norden saknar viktiga förmågor och skulle inte klara sig utan internationella partnerskap.
Måttlig	Delvis lokal förmåga. Nivå 1/2 aktiv men behöver nivå 0 OEM-tillverkare. Beroende av partnerskap.	Måttlig	Nordiska partner erbjuder användbart stöd, t.ex. tidigare projekterfarenhet eller kompletterande kompetens.	Måttlig	Internationellt stöd är användbart för att påskynda processen eller dela riskerna, men Sverige och Norden skulle fortfarande kunna klara sig själva
Stark	Stark lokal nivå 1-förmåga. Kan agera ledande inom Sverige/Norden med begränsat beroende av OEM.	Stark	Nordiska företag kan på ett meningsfullt sätt stärka Sveriges leveransförmåga	Stark	Mindre internationellt stöd är bra, men inte avgörande.
Mycket stark	Fullständig inhemsk förmåga. Kan självständigt utforma, integrera och leverera i stor skala.	Mycket stark	Nordiska företag har ledande kompetens och skulle kunna leverera tillsammans med Sverige eller självständigt.	Mycket stark	Inget internationellt beroende – Sverige (och/eller Norden) är helt självförsörjande.

Figur 8: beskrivning av rankningsalternativ (svenska, nordiska och internationella förmågor)

3. Översikt över kapabilitetsanalys (gap-analys) och kartläggning av leverantörer

Sverige har stark kompetens inom byggnation, Balance of plant (BoP) och infrastruktur för ställverk, med stöd från stora företag som ABB, Alfa Laval, Atlas Copco⁴⁰ och Hitachi Energy. Det finns dock fortfarande betydande luckor, särskilt inom utveckling, design och kärnkraftsöar, vilket innebär att man i hög grad är beroende av internationella Nivå 0-OEM-tillverkare för tillverkning av reaktorbehållare och primär kärnkraftsteknik.

Internationellt samarbete är fortfarande avgörande, särskilt när det gäller högspecialiserade komponenter till kärnkraftsöar och avancerad teknik. Internationella leverantörer på Nivå 0, såsom Westinghouse, EDF, Rolls-Royce och GE Hitachi, kan vara viktiga partners som tillhandahåller egenutvecklade reaktorkonstruktioner och kritisk kärnkraftsspecifik teknik. Detta kräver strategiska beslut om internationella partnerskap, kapacitetsuppbyggnad och investeringar i inhemska leveranskedjor, särskilt om Sverige har som mål att öka nybyggnationen av kärnkraftverk.⁴¹

	Utveckling	Bygg/konstrukt.	Primärkrets	Sekundärkrets	Balance of plant	Ställverk
	~10 % av kostnaderna*	~40 % av kostnaderna	~15 % av kostnaderna	~15 % av kostnaderna	~15 % av kostnaderna	~5 % av kostnaderna
Svenska förmågor	Måttliga förmågor	Måttliga förmågor	Begränsade förmågor	Begränsade förmågor	Måttliga förmågor	Starka förmågor
Nordiskt utbud (inkl. Sverige)	Måttliga förmågor	Starka förmågor	Begränsade förmågor	Måttliga förmågor	Starka förmågor	Mycket starka förmågor
Internationellt beroende	High dependency (reactor core design)	Måttligt beroende (ledningsfarenhet för kärnkraftsprojekt)	Full dependency	Högt beroende (Turbin)	Måttligt beroende (kärnkraftsklassade produkter)	Lågt beroende

Figur 9: Bedömning av förmågan hos svenska, nordiska och internationella aktörer i hela den civila kärnkraftsindustrins värdekedja

Kartläggning av svenska leverantörer som illustreras i bilden nedan, visar en omfattande kartläggning av de viktigaste aktörerna i det svenska ekosystemet som är relevanta för nybyggnation av kärnkraftverk, och täcker hela projektets livscykel från tidig utveckling till anslutning till elnätet. Den belyser ett brett spektrum av nationella och regionala aktörer med varierande grad av relevans och beredskap inom kärnkraftsområdet. Under studien identifierades totalt 173 svenska företag som skulle kunna delta i ett nytt kärnkraftsbyggnadsprojekt. I detta kapitel fokuserar vi dock på att presentera ett urval av de företag som vi anser vara mest lämpade och relevanta.

Sammantaget visar kartläggningen att det svenska ekosystemet är väl rustat för att stödja icke-nukleära komponenter i nybyggnationer, men att det fortfarande finns kritiska kapabilitetsbrister inom nukleära system, särskilt när det gäller reaktordesign, tillverkning av primärkretsar och certifierad installation. Dessa brister anger konturerna för Sveriges internationella beroende och visar var det krävs riktade investeringar eller strategiska partnerskap för att åtgärda dem.

Utveckling	Bygg/konstruktion	Primärkrets Kärnkraftsö	Sekundärkrets Turbino	Balance of plant Kyltorn, övriga byggnader	Ställverk Nätanslutning
a. Reaktordesign	a. Planering och schemaläggning	a. Ångturbiner	a. Ångturbiner	a. Kondensor	a. Transformator
		b. Reaktorinredning (kärna)	b. Kondensor		
b. Genomförbarhetsstudie	b. Förberedelse och utgrävning		c. Fuktseparator-återhettare	b. Värmeväxlare	b. Ställverk
		c. Ånggeneratorer			
c. Projektdesign*	c. Byggande	d. Tryckregulator	d. Matarvattensystem	c. Pumpar och cirkulationssystem för vatten	c. Överföringsledningar
		e. Reaktorkylvattenspumpar			
d) Licensiering	d) Installation	f. Inneslutningsstruktur	e. Instrumentering och styrning	d. HVAC-system	d. Stödjande komponenter och tjänster
		g. Bränsletillförselsystem			
	e. Byggmaterial	h. Stödjande komponenter och tjänster	f. Stödjande komponenter och tjänster	e. Instrumentering och styrning	
				f. Stödjande komponenter och tjänster	

Figur 10: Kartläggning av den svenska civila kärnkraftsindustrins värdekedja

3.1 Utveckling

Sverige har stor operativ erfarenhet och kompetenta företag för genomförbarhetsstudier och licensiering (t.ex. AFRY⁴², Sweco⁴³, Studsvik, WSP⁴⁴), men saknar den grundläggande kompetensen för att på egen hand konstruera och leverera en ny kärnreaktor. Inget inhemskt företag har den nödvändiga immateriella äganderätten eller erfarenhet av nyligen genomförda storskaliga nybyggnationer. Landet har inte byggt någon ny reaktor sedan 1980-talet, vilket gör alla kommande projekt till "första på länge".

Detta kräver att Sverige:

- Skapa internationella partnerskap för kärnreaktor-design och -teknik (t.ex. EDF, GE Hitachi, Westinghouse).
- Utnyttja nordiska styrkor, särskilt finska (Fortum, TVO⁴⁵) och norska (DNV⁴⁶) partners, för att komplettera luckor i projektgenomförande, licensieringsstrategier och systemintegration

Sverige kan leda delar av ett nytt kärnkraftsbygge, men endast genom strategiska partnerskap med internationella OEM-tillverkare och nordiska samarbetspartner kan landet överbrygga klyftan mellan design och leverans, minska riskerna i genomförandet och uppfylla moderna regleringsstandarder.

Utveckling	~10% av kostnaderna*		
	Svenska förmågor	Nordiska förmågor	Internationella beroenden
Total	Måttliga	Måttliga	Höga
Genomförbarhetsstudie	Måttliga	Starka	Måttliga
Reaktordesign	Saknas	Saknas	Mycket höga
Projektdesign	Måttliga	Måttliga	Höga
Licensiering	Måttliga	Starka	Låga

Figur 11: Illustration av Sveriges förmågor inom utvecklingssegmentet av den civila kärnkraftsindustrins värdekedja

3.1.1 Exempel på företag

Sverige:

Projektutformning

- Vattenfall: Projektledning och drift

- Uniper (Sverige): Drift och underhåll⁴⁷
- Sweco: Teknik
- WSP Sverige: Teknik
- AFRY Sverige: Teknik

Genomförbarhetsstudie och licensiering

- Kärnfull Next – SMR-projektutvecklare (genomförbarhetsstudie)
- Sweco: Genomförbarhetsstudie, civil- och miljödesign, nät- och infrastrukturstudier
- WSP Sverige: Genomförbarhetsstudie, stöd vid licensiering, säkerhetsanalyser och infrastruktur på platsen
- AFRY Sverige – Genomförbarhetsstudie, systemteknik, integration och regelverk
- Studsvik: Kärnteknikanalys, bränslemodellering
- SKB – Licensiering och input till avfallsstrategi⁴⁸
- KSU (Kärnteknikens utbildnings- och säkerhetscentrum) – Stöd för kompetensförsäkring⁴⁹
- SSM (Strålningskyddsmyndigheten) – Licensiering och granskning av regelverk

Norden

Finland

- Fortum – Licensiering, genomförbarhetsstudier, fullständig kärnkraftsdrift
- TVO – Ägare och projektledare för OL3 (EPR), med gedigen erfarenhet av designhantering
- AFRY Finland – Systemteknik, integration och myndighetsdokumentation
- Valmet – Automatisering och tidig integration av styrsystem⁵⁰⁵¹

Norge

- Norsk Kjernekraft (Norge) – SMR-genomförbarhet och konceptutveckling
- DNV – Teknisk säkerhet, stöd vid licensiering

Internationell: (med fokus på reaktor- och projektdesign)

- EDF/Framatone (Frankrike): EPR-reakorteknologi
- Westinghouse (USA): AP1000-reakorteknologi
- China General Nuclear / CNNC (Kina) – Hualong One och ACPR-serien⁵²
- Mitsubishi / Hitachi (Japan) – APWR- och ABWR-varianter⁵³
- KEPCO/KHNP/Doosan Enerbility (Korea) – APR-1400 och kärnsystem
- Rosatom (Ryssland) – VVER och nyckelfärdigt designpaket
- Candu Energy (Kanada) – PHWR och detaljerad konceptuell design⁵⁴
- Rolls-Royce SMR (Storbritannien) – SMR-konceptuell design och leverans
- GE Hitachi (USA/Japan): BWRX-300-reakorteknologi (SMR)
- NuScale / Holtec / TerraPower / X-energy (USA) – Startups inom avancerad design och SMR-design

3.1.2 Svenska förmågor

Sverige har flera Nivå 0-energiföretag och aktörer inom kärnkraft, såsom Vattenfall, Fortum (FI) och Uniper, som driver landets sex befintliga kärnreaktorer i Forsmark, Ringhals och Oskarshamn. Trots denna starka operativa bas saknar Sverige för närvarande den inhemska kapaciteten att självständigt konstruera en helt ny reaktortyp utan betydande internationellt stöd. Det kan klassificeras som ett "första projektet på länge".

Även om svenska Nivå 0-energiföretag för närvarande driver anläggningar och har erfarenhet av projektledning har inga nya anläggningar byggts i Sverige sedan början av 80-talet (Forsmark 3). Erfarenhet av nybyggnation, inklusive detaljerad reaktorkärnkonstruktion, utveckling av primär kärnteknik och vissa kritiska systemintegrationer, kräver samarbete med specialiserade internationella Nivå 0-OEM-tillverkare och partners som är uppdaterade med den senaste tekniken.

Sverige har en uppsättning aktörer som arbetar med genomförbarhetsstudier och tillståndprocesser för nybyggnation av kärnkraftverk. Men trots dessa viktiga aktörer finns det tydliga luckor i landets kompetens när det gäller reaktorteknologi och genomförande av stora byggprojekt. Sveriges industriella och regulatoriska erfarenhet är fortsatt stark, men för att kunna genomföra ett komplett kärnkraftsbygge krävs internationella partnerskap. Detta gäller särskilt i designfasen, där tekniken väljs ut och kärnreaktorkunskap är avgörande. Dessa begränsade kapaciteter i designfasen återspeglas av en Nivå 0-intervjuad som pekade på leverantörer som besitter kunskap och immateriella rättigheter avseende reaktordesign. Bristen på oberoende svenska enheter med djup expertis för detta skede verkar något begränsad.

I projektdesignfasen av ett nytt kärnkraftsprojekt spelar svenska ingenjörsföretag som Sweco, WSP Sweden och AFRY en avgörande roll för att omvandla den valda reaktorteknologin till en helt integrerad, platsspecifik och licensierbar anläggningsdesign. Sweco bidrar med omfattande expertis inom civil-, struktur- och miljöteknik och stödjer platslayout, tillståndsgivning och systemintegration av Balance of Plant (BoP). WSP bidrar med djup kompetens inom konstruktionsdesign, infrastrukturutveckling och säkerhetsklassificerade anläggningsarbeten, vilket hjälper till att säkerställa att anläggningens komponenter uppfyller både reglerings- och miljöstandarder. AFRY, med flera decenniers erfarenhet inom kärnkraft, fungerar som en viktig partner inom systemintegration, detaljkonstruktion, instrumentering och styrning (I&C) samt design av nätgränssnitt.

Sverige har således betydande expertis och ett robust tekniskt ekosystem genom etablerade företag som fokuserar på projektintegration och tvärvetenskaplig samordning, men skulle i detta fall komplettera en Nivå 0-OEM inom vissa delar av design- och EPCM-uppgifterna. Studsvik erbjuder kritiska kompetenser inom kärnkraftsanalys, termisk hydraulik och simuleringar av bränsleegenskaper.

Många av de intervjuade pekar på vikten av att skapa en robust leveransmodell som kan samla svenska kompetenser. En Nivå 0-OEM menade att det är avgörande för svenska leverantörer att "engagera sig tidigt och uppfylla strikta kvalifikationskrav" och tillade att "riskovilliga kunder inte accepterar oprövade leverantörer". Dessutom pekade en svensk branschorganisation på vikten av att etablera en robust process redan från början av ett nytt projekt och konstaterade att "om projektet inte är realistiskt kommer ingen utbildning att ske". Detta kompletteras av en annan intervjuad som konstaterade att "det vi (Sverige) saknar är en programstruktur som gör det möjligt för oss att lära oss och behålla kunskap".

Sverige har kapacitet inom följande områden:

- Genomförbarhetsstudie för plats och miljö
- Förberedelse av licensiering och efterlevnad av regelverk
- Analys av bränsleprestanda och säkerhetsmodellering
- Tekniska och projektdesignmässiga resurser

Sverige saknar dock:

- Inhemsk reaktorkonstruktion
- Färsk erfarenhet av att genomföra ett nytt kärnkraftsbygge enligt moderna regleringsstandarder, det nya projektet kommer att vara ett "första på länge"-scenario för Sverige

Svenska företag kan framgångsrikt leda genomförbarhetsstudier, licensieringsarbete och projektdesign, men måste samarbeta med en internationell Nivå 0-OEM (som EDF, Westinghouse eller GE Hitachi) för att leverera kärnteknologin och genomförandehantering för ett nytt kärnkraftverk.

3.1.3 Nordiska förmågor

Den nordiska regionen i stort erbjuder värdefulla kompletterande kompetenser som stärker Sveriges expertis inom kärnkraftsdesign. Fortum (Finland) har stark kompetens inom kärnteknik och drift, med omfattande erfarenhet av drift av kärnkraftverk, livscykelhantering och uppgradering av anläggningar. AFRY förbättrar den regionala integrationen och gränssnittshanteringskapaciteten. Norsk expertis, framför allt från DNV, står för viktig tredjepartsförsäkring, riskhantering och verifiering av efterlevnad, vilket är avgörande i det strikta regelverket för nybyggnation av kärnkraftverk.

Sverige har stark kompetens inom genomförbarhetsstudier, licensstöd och systemintegration, men saknar vissa kompetenser som är avgörande för fullskalig nybyggnation av kärnkraftverk, särskilt när det gäller genomförande av kärnkraftsprojekt och designhantering på systemnivå. Nordiska partner från Finland och Norge erbjuder mycket relevant kompletterande expertis.

Företag som Fortum och TVO har färsk, direkt erfarenhet av drift, licensiering och till och med konstruktion av storskaliga kärnreaktorer (t.ex. Olkiluoto 3). Teknikkonsultföretag som AFRY Finland och Valmet bidrar med ytterligare djup i systemintegration och styrsystem, medan organisationer som DNV och Norsk Kjernekraft bidrar med teknisk säkerhet och kompetens inom tidig SMR-projektutveckling.

Dessa nordiska aktörer skulle kunna stärka de svenska kärnkraftsprojekten genom att:

- Dela med sig av bästa praxis från nya byggprojekt
- Erbjuder strategier för licensiering
- Hjälpa till med integration av OEM-teknik
- Stödja systemteknik, automatisering och risksäkerhet

3.1.4 Internationellt beroende

Med tanke på komplexiteten och innovationen i samband med avancerad storskalig reaktorteknologi, inklusive små modulära reaktorer (SMR), är Sverige i hög grad beroende av internationell expertis. Primära reaktor-OEM-tillverkare som EDF, Westinghouse, Rolls-Royce och GE Hitachi är viktiga partners som tillhandahåller egenutvecklad reaktorteknologi, kärnsystemdesign och specialiserad integrationskunskap. Specifikt kommer reaktordesign, optimering av kärnfysik, avancerade digitala styrsystem och vissa kritiska säkerhetssystemelement vanligtvis från dessa internationella Nivå 0-leverantörer.⁵⁵⁵⁶⁵⁷⁵⁸

Sverige har stark kompetens inom genomförbarhetsstudier, licensstrategi och infrastrukturintegration, men saknar egna moderna kärnreaktorkonstruktioner. För att kunna bygga nya kärnkraftverk måste Sverige därför förlita sig på internationella Nivå 0-OEM-tillverkare för hela reaktorteknologin, kärnkraftsökonstruktion samt leverans av avgörande utrustning.

Dessa internationella aktörer tillför:

- Beprovade, moderna reaktorkonstruktioner eller avancerade SMR-koncept
- Erfarenhet av internationella regelverk (t.ex. UK ONR, US NRC och ASN France)
- Etablerade leveranskedjor för avgörande komponenter i primärkretsen
- Förstahandserfarenhet av komplexa EPCM-projekt globalt och projektledningskompetens som täcker hela nybyggnadsområdet

Att bilda rätt partnerskap med dessa OEM-tillverkare är avgörande för att anpassa Sveriges infrastrukturkapacitet till framgångsrik teknikleverans och licensiering.

3.2 Bygg och konstruktion

Sverige har stora aktörer inom bygg- och anläggningsbranschen, och Skanska⁵⁹ och NCC⁶⁰ har relevant erfarenhet från både inhemska och nordiska kärnkraftsrelaterade projekt.

Sverige saknar dock djupgående erfarenhet av kärnkraftsbyggande och har begränsningar i kapacitet, särskilt när det gäller arbetskraft, för ett storskaligt reaktorprojekt. Beräkningar tyder på att det behövs 7 000–10 000 arbetstillfällen, vilket motsvarar den sammanlagda arbetsstyrkan hos Sveriges två största byggföretag. Detta väcker strategiska frågor om hur man ska attrahera och utbilda en tillfällig, högt specialiserad arbetskraft utan långsiktiga anställningsgarantier, eller om man ska rekrytera dem från utlandet.

Dessutom kan Sverige inte på egen hand leverera fullständig EPCM för ett kärnkraftverk. Landet måste förlita sig på internationella partner som Nivå 0 OEM eller Nivå 1, såsom Bouygues, Bechtel⁶¹ och Hyundai E&C, för:

- Allmän EPCM
- Kärnkraftsspecifika byggprocedurer och materialkrav

- Specialiserade installations- och kvalitetssäkrings-/kvalitetskontrollprocesser (QA/QC)

Sverige har den lokala infrastrukturen, företagen och samordningskapaciteten som krävs för att hantera och genomföra allmänna byggprojekt. Men för kärnkraftsspecifika arbeten och leveranser i stor skala behöver landet bilda partnerskap med globala Nivå 0/1 EPCM-specialister. Nordiska partners (t.ex. Fortum, TVO, Veidekke⁶²) erbjuder extra styrka när det gäller att hantera komplexa byggprojekt och kan bidra till att överbrygga bristerna i arbetskraft och logistik. För att lyckas gäller det att man bildar rätt konsortium, inte bara förlitar sig på inhemsk kapacitet.

Bygg/konstruktion		~40% av kostnaderna		
		Svenska förmågor	Nordiska förmågor	Internationella Beroenden
Total	Måttliga	Starka	Måttliga	
Planering och schemaläggning	Måttliga	Starka	Måttliga	
Förberedelse och utgrävning	Måttliga	Starka	Måttliga	
Byggande	Måttliga	Starka	Måttliga	
Installation	Måttliga	Måttliga	Måttliga	
Byggmaterial	Starka	Starka	Måttliga	

Figur 12: Illustration av Sveriges förmågor inom byggsegmentet i den civila kärnkraftsindustrins värdekedja

3.2.1 Exempel på företag

Sverige:

Planering och schemaläggning, förberedelser och grävning, byggnation

- NCC: Anläggnings- och infrastrukturbyggande
- Skanska: Stora infrastrukturprojekt och komplexa projekt
- Peab: Bygg- och anläggningstjänster⁶³
- Bilfinger Sweden: Mekaniska installationer, finmekanik⁶⁴
- Sweco, WSP, AFRY: Projektledning och teknisk integration
- Vattenfall, Fortum, Uniper: Projektledning och driftövervakning

Installation

- Instalco: Svensk leverantör av installationer och tjänster
- Bravida: Leverantör av helhetslösningar för service och installation av el, VVS och ventilation

Material

- Ovako: Tillverkare av konstruktionsstål
- SSAB: Global stålproducent
- Heidelberg Cement: Sveriges största leverantör av cement- och betong

Norden:

- Fortum (Finland)/TVO: Projektgenomförande, efterlevnad av regelverk, operativa insikter
- Veidekke (Norge): Anläggningsarbeten, logistik på byggarbetsplatsen

Internationellt:

- Bouygues Construction (Frankrike): Civila byggnadsarbeten och inkapsling inom kärnkraft
- Bechtel (USA): EPCM, byggledning
- Hyundai Engineering & Construction (Sydkorea): Specialiserad kärnkraftsbyggnation
- Westinghouse (USA) – Specialiserade kärnkraftsanläggningar

- Samsung E&C (Sydkorea): Anläggningsarbeten och storskalig infrastruktur för kärnkraftsprojekt⁶⁵
- Jacobs (USA/Storbritannien): Teknik, projektleverans och licensieringsstöd för nybyggnation av kärnkraftverk

3.2.2 Svenska förmågor

Sveriges förmågor att bygga kärnkraftverk är stark, med omfattande expertis inom civilingenjörskonst, komplex projektledning och specialiserade installationstjänster. Företag som NCC och Skanska har beprövad erfarenhet av stora infrastrukturprojekt som "Förbifart Stockholm" och "Slussenbygget" men har även erfarenhet av kärnkraftsanläggningar. Skanska har erfarenhet av kärnkraftsrelaterad infrastruktur, bland annat utbyggnaden av slutförvaret SFR i Forsmark⁶⁶ och byggandet av en inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle i Olkiluoto, Finland. NCC bygger för närvarande en testanläggning för avancerad kärnteknik i Oskarshamn, som stödjer utvecklingen av Blykallas blykylda SMR-koncept.⁶⁷

Det är viktigt att uppmärksamma att Sverige har starka kvalifikationer inom byggsektorn i stort. Ett stort byggföretag som intervjuades av Business Sweden pekade på sina kvalifikationer utanför kärnkraftssektorn och konstaterade att de "vet hur man bygger tunnlar, vägar och betongfundament", men påpekade att de "måste vara involverade från dag ett, inte halvvägs in i processen".

Svenska Nivå 0-aktörer inom energibranschen, särskilt Vattenfall och Uniper, har betydande styrkor när det gäller att övervaka byggprocesser tack vare sin omfattande operativa erfarenhet från Sveriges befintliga kärnkraftverk. (Se alternativ 2 i kapitlet om utformning).

Att uppföra en storskalig reaktor kräver dock inte bara betydande ekonomiska resurser utan också en betydande investering i humankapital. En av Sveriges största aktörer inom det civila kärnkraftsområdet betonade omfattningen av detta projekt och menade att för att bygga en storskalig reaktor kommer Sverige att behöva använda motsvarande hela arbetsstyrkan hos de två största byggföretagen i Sverige, vilket motsvarar mellan 7000-10 000 personer. Den typiska byggtiden är vanligtvis mellan 7 och 15 år, beroende på designens mognadsgrad, regelverket och leverantörskedjans beredskap.

Även om tillgången på humankapital utan tvekan är avgörande för en framgångsrik utbyggnad av ny kärnkraft i Sverige, måste även den långsiktiga efterfrågan och alternativa användningsområden för denna arbetskraft efter byggfasen övervägas noggrant. Detta är särskilt relevant när man undersöker det potentiella behovet av en stor tillfällig arbetskraft. En intervjuad person som är anställd hos en stor Nivå 0-aktör ifrågasatte incitamenten för unga vuxna att bli svetsare om det inte finns en tydlig vision för en ökning av byggprojekt. Denna åsikt delades av en svensk byggpartner som pekade på de betydande byggbehov som nya kärnkraftsprojekt medför samt behovet av arbetskraft med specialistkompetens. Detta illustrerar utmaningen att attrahera och utbilda ett betydande antal specialiserade arbetare för en begränsad byggperiod utan en tydlig plan för deras fortsatta sysselsättning i andra sektorer eller framtida kärnkraftsprojekt. En strategisk approach måste därför inte bara ta itu med det omedelbara behovet av kvalificerad arbetskraft utan också de långsiktiga konsekvenserna för arbetskraften och ekonomin i stort.

En jämförelse gjordes mellan de planerade reaktorerna Ringhals 5 och 6 och andra storskaliga infrastrukturprojekt, såsom Sizewell C i Storbritannien, där vikten av att ha rätt mjuk infrastruktur på plats betonades. Våra intervjupersoner framhöll särskilt att stora operatörer inte har ställt krav på en starkt lokaliserad (endast svensk) leveranskedja. I stället har de pekat på att tillförlitlighet och kompetens prioriteras framför nationalitet, men samtidigt noterat att beroendet av internationella leverantörer kan göra projekten sårbara för geopolitiska störningar i en situation med växande instabilitet i den globala handeln. Dessutom visade undersökningen att man förväntar sig ett bredare gränsöverskridande samarbete när en specifik reaktorteknologi väl har valts. Om man väljer SMR kan det finnas möjligheter att dela med sig av personalutbildning och projektexpertis till länder som Storbritannien, Polen och Tjeckien.

Sverige har förmågor inom:

- Allmän civil byggnation
- Maskininstallationer för icke-primära system
- Logistik på byggarbetsplatsen och projektledning

- Installationskapacitet

Däremot saknar Sverige:

- Särskild erfarenhet av konstruktion inom kärnkraftsområdet
- Fullständig EPCM-leveranskapacitet för kärnkraftsöar
- Arbetskraft för storskaliga projekt

3.2.3 Nordiska förmågor

Nordiska förmågor stärker Sveriges kompetens inom byggsektorn ytterligare. Finska företag, särskilt TVO och Fortum, har omfattande erfarenhet från nyligen genomförda kärnkraftsprojekt som Olkiluoto 3, vilket ger värdefulla insikter om komplex projektgenomförande, hantering av multinationella konsortier och navigering i regelverket.⁶⁸ Dessutom erbjuder det norska företaget Veidekke omfattande expertis inom civilingenjörsvetenskap och bygglogistik, vilket är fördelaktigt för stora infrastrukturprojekt i krävande miljöer.⁶⁹

Nordiska företag bidrar med ytterligare resurser och expertis inom civil byggnation och logistikhantering. Även om de saknar omfattande direkt erfarenhet av kärnkraftsbyggnation kan nordiska företag stärka svenska projekt inom icke-kärnkraftsrelaterade områden och logistik för byggnadsutförande.

Den nordiska offshore-olja- och gassektorn, särskilt i Norge, har en mycket kompetent arbetskraft med årtionden av erfarenhet av att leverera komplex, säkerhetskritisk infrastruktur i tuffa miljöer. Företag som Aker Solutions, Kværner och Bladt Industries har etablerat kompetens inom modulär konstruktion, precisionsvetsning, tunga lyft, marin logistik och integration av storskaliga projekt. Dessa kompetenser stämmer väl överens med behoven i nya kärnkraftsprojekt, särskilt de som involverar små modulära reaktorer (SMR), som i hög grad är beroende av prefabricering utanför anläggningen, strikt kvalitetssäkring och logistisk precision. Arbetskraften inom offshore-sektorn är redan van vid strikta säkerhetsprotokoll, lagstiftningskrav och tvärvetenskaplig samordning, vilket gör dem väl lämpade för att övergå till roller som stöder montering av kärnkraftsmoduler, anläggningsarbeten och komponentintegration. Att utnyttja denna arbetskraft kan bidra till att påskynda leveranstiderna för kärnkraftsprojekt samtidigt som de höga standarder som krävs för sektorn säkerställs.

3.2.4 Internationella beroenden

Det finns ett tydligt internationellt beroende, särskilt när det gäller specialiserade uppgifter inom kärnkraftsbyggnation. Sverige är beroende av internationella Nivå 0- och Nivå 1-entreprenörer för de mest specialiserade byggnadsarbetena inom kärnkraftsområdet. Företag som Bouygues Construction (Frankrike), Bechtel (USA) och Hyundai Engineering & Construction (Sydkorea) bidrar med viktig expertis inom civil byggnation av kärnkraftsklass och integrerade projektledningsmetoder som uppfyller globala kärnkraftsstandarder. Samarbete med dessa internationella företag är vanligtvis oumbärligt för alla nya kärnkraftsbyggnationer, särskilt när det gäller avancerade reaktortyper och SMR-teknik.⁷⁰⁷¹⁷²

Internationella företag (Bouygues, Bechtel, Hyundai E&C, Westinghouse) är väsentliga för:

- Kärnkraftsspecifik EPCM och övergripande projektledning, särskilt för kärnteknologi
- Specialiserad installation av primärkrets-system
- EPC- och QA/QC-ledning för kärnkraftsprojekt

3.3 Kärnkraftsö

Sverige har delvis resurser för att stödja denna fas. Studsvik bidrar till kärnsimuleringar och bränslemodellering, Alleima⁷³ tillverkar precisionsrör för ånggeneratorer och byggföretag som Skanska och NCC kan leverera inneslutningsstrukturen. Sverige saknar dock förmåga att tillverka eller montera de primära systemen i kärnkraftsöen. Det finns ingen inhemsk OEM-tillverkare med konstruktionsbehörighet eller erfarenhet av att leverera ett komplett kärnkraftssystem.

Sverige kan inte leverera kärnkraftsö utan internationellt stöd. Man har visserligen den tekniska kunskapen för att bidra till stödfunktioner som analys, säkerhet och konstruktion, men det saknas viktiga kompetenser inom reaktordesign, komponenttillverkning och integration på systemnivå. Inget projekt kan gå vidare utan tillgång till certifierade reaktortryckkärl, inre komponenter, ånggeneratorer och pumpar, som alla måste komma från utlandet. Detta gör valet av teknik och internationella partnerskap till centrala delar i Sveriges kärnkraftsstrategi.

- Sverige har en stark grund inom kärnkraftsanalys, civil konstruktion och projektövervakning, men kan inte på egen hand leverera de kärnsystem som krävs för en kärnkraftsö.
- Man kommer att behöva samarbeta med internationella OEM-tillverkare för att få tillgång till certifierad teknik och uppfylla myndighetskraven.
- Att tidigt säkra rätt global partner kommer att vara avgörande för projektets framgång.

Primärkrets (Kärnkraftsö)			
	~15% av kostnaderna		
	Svenska förmågor	Nordiska förmågor	Internationella Beroenden
Total	Begränsad	Begränsad	Mycket hög
Reaktortryckkärl	Saknas	Saknas	Mycket hög
Reaktorinredning (kärna)	Begränsad	Begränsad	Mycket hög
Ånggeneratorer	Begränsad	Begränsad	Mycket hög
Tryckregulator	Saknas	Saknas	Mycket hög
Reaktorkylvatten-pumpar	Saknas	Saknas	Mycket hög
Inneslutningsstruktur	Måttlig	Måttlig	Måttlig
Bränsletillförsel-system	Måttlig	Måttlig	Måttlig

Figur 13: Illustration av Sveriges förmåga inom segmentet primärkretsar i den civila kärnkraftsindustrins värdekedja

3.3.1 Exempel på företag

Sweden

- **Reaktorinredning (kärna):** Studsvik (kärnsimulering och analys – inte OEM); ingen konstruktionsmyndighet
- **Ånggeneratorer:** Alleima (endast tillverkning av rör)
- **Reaktorkylpumpar:** Oden Control AB⁷⁴ (ställdon/ventiler); inga kompletta pumpsystem⁷⁵
- **Inneslutningsstruktur:** Skanska, NCC, PEAB (civil konstruktion)
- **Bränsletillförselssystem:** Vattenfall (upphandlingsgränssnitt), Västerås Westinghouse

Norden:

- **Inneslutningskonstruktion:** YIT, SRV (stöd till civil konstruktion – Finland)⁷⁶
- **Bränsleförsörjningssystem:** Fortum (bränslecykelverksamhet som energibolag, inte leverantör)

Internationellt:

- **Reaktortryckkärl (RPV):** Japan Steel Works (Japan)⁷⁷, Doosan Enerbility (Korea), Framatome (Frankrike), MHI (Japan); Rolls Royce SMR (Storbritannien)
- **Reaktorinredning (kärna):** Westinghouse, Framatome, Rosatom, GE Hitachi, KHNP, CNNC, Royce SMR (Storbritannien)

- **Ånggeneratorer:** Framatome, Doosan, Rosatom, Westinghouse, Royce SMR (Storbritannien)
- **Tryckhållare:** Doosan, Rosatom, Westinghouse, Royce SMR (Storbritannien)
- **Reaktorkylpumpar:** Curtiss-Wright⁷⁸ (USA), Framatome, Rosatom, Royce SMR (Storbritannien), KSB⁷⁹ (Tyskland)
- **Inneslutningsstruktur:** Bouygues, VINCI (Frankrike); Bechtel (USA); Hyundai E&C (Korea), Royce SMR (Storbritannien)
- **Bränsletillförselsystem:** Westinghouse, Framatome, Rosatom (TVEL), GEH, KHNP, Candu Energy

3.3.2 Svenska förmågor

Sverige har i nuläget begränsade möjligheter att stödja kärnkraftsön, särskilt när det gäller tillverkning av reaktortryckkärl, primära kylsystem och kärnkomponenter. Lokala ingenjörsföretag och energibolag (Vattenfall, Fortum, Uniper AFRY, Sweco) är visserligen framstående inom integration, regelefterlevnad och säkerhetshantering, men de saknar kapacitet att självständigt leverera omfattande primär kärnteknik. Studsvik kompletterar dessa resurser genom avancerad kärnkraftsanalys, termohydraulisk modellering, simuleringar av bränsleegenskaper och specialiserade testtjänster, även om företaget inte är direkt involverat i tillverkningen av reaktorkomponenter.

Sverige har historiskt sett haft en stark expertis inom kärnkraftsdrift, men har idag begränsade inhemska resurser för att tillverka kompletta kärnkraftssystem. Nordiska företag erbjuder vissa civila supporttjänster, men Sverige kommer att vara starkt beroende av internationella Nivå 0-OEM-tillverkare för leverans av viktiga primära system och reaktorkomponenter.

Sverige har förmågor inom:

- Kärnsimulering och modellering (Studsvik)
- Precisionsrörtillverkning för ånggeneratorer (Alleima)
- Inneslutningskonstruktion genom byggkapacitet (NCC, Skanska, Peab)

Däremot saknar Sverige:

- Reaktortryckkärlskonstruktion
- Reaktorinredning (kärna)
- Kärnkraftsklassade reaktorkylpumpar, ånggeneratorer och tryckhållare

Svenska företag kan bidra med stödfunktioner men kan inte leverera kärnkraftsön på egen hand.

3.3.3 Nordiska förmågor

Nordiska förmågor erbjuder delvis stöd för Sveriges behov av kärnkraftsöar, särskilt genom Finlands färsk erfarenhet av reaktorbyggande. Fortums engagemang i Olkiluoto-projekten tillför värdefull expertis inom hantering av primärkretsar, efterlevnad av regelverk och tillsyn av kärnsäkerhet. Trots detta ligger omfattande tillverkning av kärnkraftsöar, inklusive reaktortankar och reaktorinredningar, fortfarande utanför den nordiska regionens kompetensområde.

De nordiska bidragen är begränsade till:

- Konventionellt byggnadsstöd för inneslutningskonstruktion (YIT, SRV)
- Expertis inom bränslecykelns drift (Fortum)

De kan inte ersätta behovet av internationella OEM-tillverkare inom tillverkning av kritiska system eller montering av kärnkraftsöar.

3.3.4 Internationella beroenden

Med tanke på dessa kapabilitetsbrist måste Sverige i hög grad förlita sig på internationella Nivå 0-OEM-tillverkare för kärnkraftslösningar. Företag som Westinghouse (USA), EDF (Frankrike), Rolls-Royce (Storbritannien) och Doosan Enerbility (Sydkorea) är oundgängliga på grund av sin unika kompetens inom tillverkning av reaktorbehållare, primära kylsystem och integrerade

reaktor konstruktioner. GE Hitachi (USA/Japan) erbjuder också egenutvecklad teknik såsom BWRX-300, som är lämplig för utveckling av små modulära reaktorer (SMR). Ett samarbete med dessa globala aktörer är avgörande för Sveriges ambitioner att bygga nya kärnkraftverk, särskilt när det gäller utveckling av avancerade reaktorer och SMR-teknik.

Internationella företag tillhandahåller:

- Reaktortryckkärl (Japan Steel Works, Doosan, Framatome, MHI)
- Reaktorinredningar och ånggeneratorer (Westinghouse, Rosatom, GE Hitachi)
- Kärnkraftsgodkända reaktorkylpumpar (Curtiss-Wright, Framatome)
- Konstruktion av inneslutningsstrukturer (Bouygues, Bechtel, Hyundai E&C)
- Hela kedjan för kärnbränsleförsörjning (Westinghouse, Framatome, Rosatom, KHNP, Candu)

Dessa partner är avgörande för att kunna leverera en helt driftsklar kärnkraftsö som uppfyller alla krav.

3.4 Sekundärkrets/turbinö

Sverige har stor kompetens inom industriell automation, elsystem och hjälpkomponenter. Företag som ABB, Alfa Laval och Atlas Copco kan leverera viktiga stödsystem såsom styrplattformar, värmeväxlare och pumpar. Sverige tillverkar dock inte de centrala roterande komponenterna, turbinerna, generatorerna och återvärmarna, som är centrala för sekundärkretsen.

Sverige kan inte leverera turbinön på egen hand. Även om man bidrar med värdefull stödresurser måste de centrala komponenterna importeras från globala OEM-tillverkare. Detta ökar komplexiteten i integrationen och samordningen, särskilt när det gäller krav på kärnkraftskvalitet. Utan tidiga partnerskap finns det en risk för förseningar, flaskhalsar i leveranskedjan eller bristande samordning mellan lokala system och importerad hårdvara.

- Kärnturbinssystem måste komma från internationella leverantörer som GE, Siemens eller Mitsubishi.
- Integrationsriskerna ökar när lokala hjälpsystem kombineras med importerad roterande utrustning.
- Bristen på inhemsk erfarenhet av kärnkraft på detta område kan begränsa flexibiliteten under projektets genomförande.
- En stark industriell bas ger Sverige en roll, men inte kontroll, i denna fas

Sverige kan leverera automatisering, elektrisk integration och stödjande infrastruktur för turbinön, men inte själva turbinerna eller generatorerna. Huruvida denna fas blir framgångsrik beror på tidig samordning med globala OEM-tillverkare och noggrann integration av svenska system för att uppfylla kärnkraftsstandarder och tidsplaner.

Sekundärkrets (Turbinö)		~15% av kostnaderna	
	Svenska förmågor	Nordiska förmågor	Internationella beroenden
Total	Begränsad	Måttliga	Höga
Ångturbiner	Saknas	Saknas	Mycket höga
Kondensor	Måttliga	Starka	Låga
Fuktseparator-återhettare	Begränsade	Måttliga	Höga
Matarvattensystem	Måttliga	Måttliga	Måttliga
Instrumentering och styrning	Starka	Mycket starka	Låga

Figur 14: Illustration av Sveriges förmågor inom segmentet sekundärkretsar i den civila kärnkraftsindustrins värdekedja.

3.4.1 Exempel på företag

Sverige:

- **Kondensator:** Alfa Laval: Levererar värmeväxlare som stöder kondensatorns kylkretsar. ABB Sverige: Tillhandahåller elektriska integrations- och automatiseringssystem som övervakar och styr kondensatorns prestanda.
- **Matningsvattensystem:** Atlas Copco: Industriella pumpar och tryckluftssystem (delvis kapacitet)
- **Pumpar:** ABB
- **Instrumentering och styrning:** ABB Sverige: Styrssystem och automatisering; stöder turbinstyrning

Norden:

- **Ångturbiner:** Wärtsilä (Finland): Motorer och kraftsystem⁸⁰
- **Instrumentering och styrning:** Valmet (Finland): Integrering och styrning av energisystem

Internationellt:

- **Ångturbiner** General Electric (USA) – Avancerad turbinteknik; används i flera Gen III-anläggningar, Mitsubishi Power (Japan) – Högeffektiva turbinö-lösningar, Siemens Energy Global (Tyskland) – Kompletta ångturbinssystem, Alstom⁸¹ (Frankrike) – Äldre och specialiserade turbin- och generatorsystem
- **Kondensator:** GE, Alstom, Mitsubishi
- **Mellanöverhettare :** GE, Siemens, Alstom, Mitsubishi
- **Matningsvattensystem:** Ingår i EPC från OEM-tillverkare (GE, Alstom, Siemens); Curtiss-Wright kan leverera pumpar
- **Instrumentering och styrning:** Levereras av OEM-tillverkare eller integreras med I&C-leverantörer som Siemens, Valme

3.4.2 Svenska förmågor

Sverige har förmågor inom turbinområdet, särskilt genom väl etablerad industriell och teknisk expertis. Sveriges bidrag till turbinområdet i samband med nybyggnation av kärnkraftverk är koncentrerat till komponenter för hjälpsystem och automatisering, inte till centrala roterande utrustningar. Hjälpsystemkomponenter är mindre, stödjande delar som hjälper huvudsystemen (som ångturbinen) att fungera korrekt. Detta inkluderar pumpar som transporterar vatten (matarvattnet) och värmeväxlare som hjälper till att kyla ner saker och luftkompressorer som används för styrssystem. De producerar inte själva någon energi, men utan dem skulle huvudsystemen inte kunna fungera säkert eller effektivt. Här har vi företag som Alfa Laval och Atlas Copco som kan leverera sådana komponenter.

I&C och automatisering avser de styrssystem som övervakar och reglerar hur turbinen fungerar. Istället för att göra allt manuellt, där Sverige också har en stark bas med företag som ABB. Automatisering avser i detta fall: Styrventiler och tryck, övervakning av temperaturer och prestanda samt automatisk respons om något går fel.

Sverige saknar inhemsk produktion av ångturbiner, generatorer och mellanöverhettare av kärnkraftskvalitet, som måste köpas in från internationella OEM-tillverkare. Svenska industriföretag erbjuder dock värdefullt stöd inom instrumentering, hjälpkyllning och pumpsystem, som är avgörande för turbinens prestanda och integration.

Bedömning av svenska förmågor:

Sverige har förmågor inom:

- Elektrisk integration, övervakning och automatisering av turbinenheten (ABB Sverige)
- Hjälpkyllning och värmeväxlare som stödjer kondensatorns drift (Alfa Laval)
- Industriella luft- och hjälptillförselvattnespumpningssystem (Atlas Copco)

Däremot saknar Sverige:

- Tillverkning av ångturbiner och generatorer av kärnkraftskvalitet
- Leverans av primära matarvattenspumpar av kärnkraftskvalitet

Sverige kan alltså integrera och stödja sekundära kretsars hjälpsystem på ett effektivt sätt, men måste skaffa all viktig roterande utrustning och ångcykelspecifik hårdvara från internationella leverantörer.

3.4.3 Nordiska förmågor

De nordiska länderna, särskilt Finland, kompletterar Sveriges förmåga att tillverka turbinöar på ett betydande sätt. Wärtsilä och Valmet (Finland) tillhandahåller expertis inom turbinutrustning, generatorer och komplex systemintegration, och drar nytta av sin omfattande erfarenhet av energiprojekt i hela regionen. Dessa företag förbättrar den regionala förmågan att utforma och leverera omfattande sekundärkretslösningar.

Inget nordiskt land tillverkar ångturbiner eller generatorer av kärnkraftsklass, men företag som Wärtsilä och Valmet har betydande erfarenhet av integration av energisystem, styrsystem och drift av hjälpanläggningar, särskilt från konventionella och industriella kraftsektorer.

De nordiska länderna kan bidra med:

- Energisystemintegration och automatisering för turbinödrift (Valmet)
- Stöd för hjälpsystem och energihantering (Wärtsilä)
- Erbjuder bästa praxis för drift och insikter om projektgenomförande från nyligen genomförda storskaliga byggprojekt i Finland.

3.4.4 Internationella beroenden

Sverige har ingen inhemsk tillverkare av turbiner eller generatorer, vilket gör det helt beroende av internationella OEM-tillverkare för leverans av den centrala roterande utrustningen inom turbinen. Den svenska industrin kan visserligen tillhandahålla hjälpsystem såsom automatisering, kylning och pumpning, men den huvudsakliga turbingeneratorn måste komma från globala aktörer.

Stora OEM-tillverkare såsom General Electric (GE), Siemens Energy, Mitsubishi Power och Alstom levererar den högeffektiva turbinteknik som används i moderna kärnkraftverk. Dessa företag levererar också vanligtvis integrerade paket som inkluderar mellanöverhettare, matarvattensystem och turbinstyrplattformar. Deras engagemang är avgörande inte bara för leveransen av utrustning utan också för att säkerställa efterlevnaden av kärnkraftsspecifika kvalitets- och regelkrav. Många av dem ingår redan i leverantörsbasen för Nivå 0-OEM-tillverkare.

Enligt en stor internationell Nivå 1-leverantör tycks det finnas en betydande lucka i Sveriges nybyggnadsambitioner när det gäller etablerade tillverknings- och leveranskedjekapaciteter för nyckelkomponenter inom både primär- och sekundärkretsarna. Även om komponenterna till turbinön kan verka som standardsutrustning för industrin, kräver deras integration i ett kärnkraftverk att strikta, kärnkraftsspecifika kvalitetsstandarder och föreskrifter följs. Bristen på tillgängliga svenska leverantörer med denna specifika kärnkraftserfarenhet inom båda kretsarna kan leda till ökat beroende av internationella leverantörer och medföra risker för flaskhalsar i projektets tidsplan och kostnader. Om Sverige vill underlätta och stimulera beredskapen i leveranskedjan för stora kärnkraftskomponenter i Sverige kommer sannolikt ytterligare statligt stöd att behövas.

3.5 Balance of plant (BoP)

Sverige har en stark industriell bas i hela BoP-värdekedjan. Företag som ABB, Alfa Laval, Atlas Copco, Munters⁸² och Camfil⁸³ levererar högkvalitativa HVAC-, automations- och hjälpsystem som används i energi- och industriprojekt över hela världen. På många områden kan svenska företag erbjuda komplett komponentleverans och integration. De flesta företag är dock verksamma inom konventionella eller industriella områden och har inte någon omfattande erfarenhet av kärnkraft.

Sverige kan tillgodose större delen av BoP-behovet genom inhemska och nordiska leverantörer, men det finns fortfarande luckor när det gäller komponenter av kärnkraftskvalitet och fullständig systemintegration.

- Bristande erfarenhet av EPCM för kärnkraftsspecifik BoP kan komplicera integrationen och gränssnittshanteringen.
- Brister i kärnkraftsklassade pumpar, styrsystem och kondensorer kräver internationell upphandling.
- Vissa nordiska och svenska företag har inte kärnkraftsrelaterade kvalitetscertifieringar.

Sverige har goda förutsättningar att leda och leverera en stor del av BoP-omfattningen i ett nytt kärnkraftsprojekt, särskilt inom HVAC, automatisering och stödsystem. Nordiska samarbetspartner bidrar med sina styrkor inom pumpar och processintegration. För att projektet ska lyckas krävs dock internationella leverantörer av utrustning av kärnkraftsklass och integration av säkerhetskritiska system. Tidig samordning och gränssnittsplanering kommer att vara avgörande för att säkerställa efterlevnad av regelverk och tidsplan.

Balance of Plant		~15% av kostnaderna		
	Svenska förmågor	Nordiska förmågor	Internationella beroenden	
Total	Måttliga	Starka	Måttliga	
Kondensor	Måttliga	Måttliga	Måttliga	
Kyltorn/värmeväxlare	Måttliga	Måttliga	Måttliga	
Pumpar	Måttliga	Måttliga	Måttliga	
HVAC	Starka	Mycket starka	Låga	
Instrumentering och styrning	Mycket starka	Mycket starka	Låga	

Figur 15: Illustration av Sveriges förmågor inom segmentet Balance of plant i den civila kärnkraftsindustrins värdekedja.

3.5.1 Exempel på företag

Sverige:

- **Kondensor:** ABB Sverige – El- och automationsdelar
- **Värmeväxlare:** Alfa Laval: Värmeväxlarteknik, Munters
- **Pumpar och cirkulationsvattensystem:** Atlas Copco: Tryckluft- och pumpelösningar
- **HVAC-system:** Camfil, Munters, Systemair⁸⁴, FläktGroup⁸⁵, Backer⁸⁶: Kompletta HVAC-utbud
- **Instrumentering och styrning:** ABB Sverige, Elajo, Oden Control AB

Norden:

- **Pumpar och cirkulationssystem:** Grundfos (Danmark) – Pump- och vattenhanteringssystem⁸⁷
- **HVAC-system:** Danfoss (Danmark) – HVAC-styrning
- **Instrumentering och styrning:** Valmet (Finland) – Automatisering och integrering av hjälpsystem

Internationellt:

- **Kondensor:** GE Power (USA) – Kondensorer som en del av turbinkomplex, BHEL⁸⁸ (Indien) – Levererar kondensorer av kärnkraftskvalitet i nyckelfärdiga EPC-projekt
- **Värmeväxlare:** Alfa Laval (globalt/SE HQ) – Även om företaget är svenskt är det en global ledare, SPX Flow⁸⁹ (USA) – Specialiserat på värmeväxlare och termiska system

- **Pumpar och cirkulationsvattensystem:** Flowserve⁹⁰ (USA) – Kärnkraftskvalificerade pumpar för kylvattensystem, KSB (Tyskland) – Pumpar för kärnkrafts-BoP-applikationer
- **HVAC-system:** Carrier⁹¹ (USA) – Avancerade HVAC-system, inklusive för kontrollrum, Johnson Controls⁹² (USA) – HVAC-design och -kontroll för kärnkraftsanläggningar
- **Instrumentering och styrning:** Schneider Electric⁹³ (Frankrike) – Kraftautomation, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) och I&C Honeywell⁹⁴ (USA) – Säkerhets- och DCS-system (Distributed Control System) för anläggningar, I&C Emerson⁹⁵ (USA) – Instrumentering, reglerventiler, processautomation

3.5.2 Svenska förmågor

Sverige har omfattande förmågor inom Balance of plant genom väletablerade företag med bred erfarenhet av infrastruktur. Företag som ABB Sweden, Alfa Laval, Atlas Copco, Munters och HVAC-specialiserade företag som Camfil och Systemair kan leverera heltäckande lösningar inom eldistribution, automatisering, kyl- och ventilationssystem, instrumentering och styrteknik. Svenska företag som Alfa Laval och Atlas Copco tillhandahåller avancerad utrustning och system för kylning, värmeväxling, tryckluftslösningar och vätskehantering.

Dessutom har Sverige en djup och mogen industriell bas inom BoP-system, särskilt inom HVAC, instrumentering, styrning, pumpar, värmeväxlare och stödinфраstruktur. Dessa kompetenser ger Sverige en stark position för att leverera eller integrera de flesta BoP-komponenter i samband med nybyggnation av kärnkraftverk.

Bedömning av svenska förmågor:

Sverige har förmågor inom:

- HVAC: Omfattande ekosystem med flera globala leverantörer (Camfil, FläktGroup, Munters, Systemair, Backer)
- Instrumentering och styrning: ABB:s Symphony Plus-plattform + integratörer som Elajo och Oden Control
- Värmeväxlare och luftbehandling: Munters, Alfa Laval (för relaterade tillämpningar)
- Industriella stödsystem: Pumpar (Atlas Copco), fästelement (Nord-Lock⁹⁶) och kabelsystem (Roxtec)

Däremot saknar Sverige:

- Integration av alla BoP-system i ett kärnkraftsspecifikt EPCM-paket
- Erfarenhet av kärnkraftsklassad säkerhetsklass

3.5.3 Nordisk förmågor

De nordiska länderna stärker Sveriges BOP-förmågor ytterligare genom specialiserad expertis från företag som Danfoss (Danmark), Grundfos (Danmark) och Valmet (Finland). Dessa företag bidrar med viktig teknik och lösningar för pumpar, styrsystem och energieffektiv integration av hjälpsystem.

Sverige har en stark grund inom industriella komponenter för Balance of Plant (BoP), men övriga Norden erbjuder viktiga kompletterande tekniker, särskilt inom pumpar, HVAC-styrning och automatiseringssystem. Nordiska leverantörer som Grundfos, Danfoss och Valmet är kända för högkvalitativ utrustning och systemintegration, med beprövad erfarenhet inom både energi- och processindustrin. Dessa företag tillför ett betydande mervärde genom specialiserade hjälpsystem och automatisering, även om de inte levererar hårdvara av kärnsäkerhetsklass direkt.

Bedömning av nordiska förmågor:

Övriga Norden är starka inom:

- Pumpar och vätskehantering för industri- och energibranschen
- Automatiserings- och styrningslösningar för HVAC
- Processstyrningssystem och automatisering för hjälpinфраstruktur

Övriga Norden är svagare på:

- Leverans av kärnkraftsklassade komponenter (t.ex. godkända pumpar, I&C för säkerhetssystem)

Därför är nordiska leverantörer perfekt lämpade att stödja svenska insatser inom BoP-systemintegration och komponentleverans, särskilt inom hjälpsystem, vätskehantering och processautomation, medan känsliga kärnkraftsklassade komponenter fortfarande måste köpas in globalt.

3.5.4 Internationella beroenden

Internationella leverantörer spelar en avgörande roll när det gäller att leverera kärnkraftskvalificerade komponenter för Balance of Plant-system som går utöver den nordiska industrins kapacitet. Dessa inkluderar pumpar, kondensorer, värmeväxlare, HVAC-system för kontrollrum samt säkerhetsklassade instrumenterings- och kontrollplattformar av kärnkraftskvalitet. Medan många svenska och nordiska företag kan leverera hjälpsystem, erbjuder dessa globala aktörer den djupa EPC-erfarenhet inom kärnkraft och de systemspecifika kvalifikationer som krävs för att uppfylla kraven i reglerade kärnkraftsmiljöer. Många av dem ingår redan i leverantörsbasen för Nivå 0-OEM-tillverkare.

Sveriges BoP-kapacitet är stabil, men kan dra nytta av internationellt stöd, särskilt när det gäller specialiserade kärntekniska tillämpningar och vissa avancerade tekniker. Globala företag som Schneider Electric (Frankrike), Honeywell (USA) och Emerson (USA) erbjuder ledande lösningar inom avancerade styrsystem, automatisering och instrumenteringsteknik som är anpassade till kärntekniska standarder. Internationellt samarbete innebär vanligtvis tekniköverföring och joint ventures för att säkerställa optimal prestanda och efterlevnad av stränga krav inom kärnkraftsindustrin för hjälpsystem.

Tillsammans kompletterar dessa företag inhemska och regionala aktörer, särskilt när det gäller upphandling, licensiering och säkerhetsanpassad design i samband med nybyggnation av kärnkraftverk i Sverige.

3.6 Ställverk

Sverige har en högt utvecklad industri inom elektroteknik. Företag som ABB Sweden och Hitachi Energy är globala ledare inom transformatorer och ställverk, med stöd av starka kabeltillverkare som Amokabel, NKT⁹⁷ och Habia Cable⁹⁸. Ingenjörföretag som AFRY, Sweco och WSP bidrar med förstklassig expertis inom design och tillståndsgivning. Elbolag som Vattenfall och Uniper erbjuder värdefull erfarenhet inom nätgränssnitt och långsiktig drift.

Sverige kan leverera de flesta komponenter och tjänster för ställverk inom landet, men vissa specialiserade system, särskilt gasisolerade ställverk med beprövad kärnkraftsklassad konstruktion och utrustning för ultrahögspänning, kan fortfarande kräva internationellt samarbete. För nybyggnationer av kärnkraftverk höjer kompakta anläggningskonstruktioner, avancerad automatisering och integrationskomplexitetnivå för vad som krävs.

- Merparten av ställverket kan anskaffas och levereras lokalt.
- Det finns luckor inom ultrahögspänning även om det finns tillverkning av 400 kV-transformatorer i Sverige.
- EPCM-erfarenhet för kärnkraftsspecifika ställverk kan kräva globala partners.
- Internationella leverantörer har dokumenterad efterlevnad av kärnkraftsregler och avancerade styrsystem.

Sverige besitter omfattande kompetens inom design av ställverk, leverans av utrustning och nätintegration. Lokala och nordiska företag kan tillgodose de flesta behov, men mer komplexa installationer kan kräva samarbete med globala aktörer.

Ställverk (Nätanslutning)		~5% av kostnaderna	
	Svenska förmågor	Nordiska förmågor	Internationella beroenden
Total	Starka	Mycket starka	Låga
Transformator	Starka	Mycket starka	Låga
Ställverk	Starka	Mycket starka	Låga
Överföringsledningar	Starka	Mycket starka	Låga

Figur 16: Illustration av Sveriges förmågor inom segmentet för ställverk i den civila kärnkraftsindustrins värdekedja.

3.6.1 Exempel på företag

Sverige

- **Transformatorer:** Hitachi Energy Sweden, ABB Sweden
- **Kopplingsutrustning:** ABB Sweden, Modular AIS och GIS-system: Holtab⁹⁹: Prefabricerade kopplingsutrustningsenheter
- **Överföringsledningar/kablar:** NKT, Amokabel, Habia Cable

Norden

- **Kopplingsutrustning:** Ensto (Finland) – Mellanspänningskopplingsutrustning
- **Överföringsledningar:** Draka Norsk Kabel (Norge): Reka Cables (Finland)

Internationellt:

- **Transformatorer:** GE Grid Solutions¹⁰⁰ (USA/Frankrike): Mitsubishi Electric (Japan): Schneider Electric (Frankrike)
- **Kopplingsutrustning:** GE Grid Solutions (USA/Frankrike): Schneider Electric (Frankrike): Mitsubishi Electric (Japan)
- **Överföringsledningar:** Prysmian Group¹⁰¹ (Italien): Nexans¹⁰² (Frankrike): LS Cable¹⁰³ & System (Sydkorea)

3.6.2 Svenska förmågor

Företag som ABB Sverige och Hitachi Energy utgör stommen i utbudet av transformatorer och ställverk, medan Habia Cable och Amokabel stödjer produktionen av högspänningskablar. Som komplement till dessa OEM-tillverkare erbjuder svenska företag som AFRY, Sweco och WSP ledande tjänster inom design och teknik. Elbolag som Vattenfall, Fortum och Uniper bidrar med gedigen erfarenhet av nätanslutning och driftsgränssnitt.

Bedömning av svenska förmågor

Sverige är starkt inom:

- Högspänningstransformatorer och transformatorstationer (ABB, Hitachi Energy)
- Medel- och högspänningsställverk (ABB, Holtab)
- Tillverkning av nätkablar och kabelkomponenter (NKT Sweden, Amokabel, Habia)

Sverige har begränsningar inom:

- Helhetslösningar av högspänningsstationer för kärnkraftstillämpningar

3.6.3 Nordiska förmågor

Sverige är ledande inom Norden när det gäller ställverkssystem, men grannländerna bidrar selektivt genom komponenttillverkning och industriella lösningar som är relevanta för kärnkraftsställverk. Nordiska regionen har inga fullskaliga OEM-tillverkare av högspänningstransformatorer, men erbjuder värdefulla kompletterande styrkor inom mellanspanningsställverk, robusta överföringskablar och stödjande infrastruktur såsom skyddshöljen, gjutna komponenter och industriell elektronik. Företag från Finland, Norge och Danmark bidrar med specialiserad materialkompetens och nischteknik som är särskilt väl anpassad till tuffa klimat och långa livslängder, vilket är viktigt i kärnkraftsmiljöer.

3.6.4 Internationella beroenden

Globala leverantörer kan spela en avgörande roll när det gäller att leverera specialiserad högspänningsutrustning och avancerade nätkontrollsystem som går utöver Sveriges eller Nordens kapacitet, särskilt när det gäller ultrahögspänningstransformatorer, gasisolerade ställverk och komplexa kontrollplattformar för transformatorstationer. Företag som GE Grid Solutions, Mitsubishi Electric, Schneider Electric, Nexans och LS Cable & System erbjuder beprövad infrastruktur som är kompatibel med kärnkraft och internationell erfarenhet av nätkompatibilitet i Europa, Asien och Nordamerika.

Sveriges ställverk är robusta, men internationella leverantörer tillför värdefulla kompletterande tekniker, särskilt inom avancerad högspänningsutrustning och lösningar för nätstyrning. Stora internationella aktörer som GE Grid Solutions (USA/Frankrike), Schneider Electric (Frankrike) och Mitsubishi Electric (Japan) tillhandahåller specialiserade högspänningskomponenter och avancerad teknik för automatisering av transformatorstationer. Samarbetet med dessa företag omfattar vanligtvis teknikutbyte och gemensamt projektgenomförande.

Bedömning av internationella förmågor:

- Omfattande erfarenhet av EPC och kärnkraftsintegration
- Kompatibilitet med EU:s och internationella kärnkraftsbestämmelser
- Helhetslösningar för högspänningsstationer för nybyggnationer inom kärnkraft

Dessa internationella aktörer anlitas vanligtvis via EPC-entreprenörer eller upphandlingsgrupper för energibolag och kan arbeta parallellt med svenska integratörer.

4. Konsekvensbedömning

Denna rapport innehåller en summering av analys av de ekonomiska och sysselsättningsmässiga effekterna av att bygga kärnkraftverk i Sverige, där scenarier för en storskalig 1 200 MW lättvattenreaktor (LWR) och en liten modulär reaktor (SMR, 300 MW) jämförs. Bedömningen baseras på modellering av kapitalutgifter (CAPEX), scenarier för inhemskt innehåll och sysselsättnings-/mervärdeskoefficienter från svenska input-output-data.

För varje anläggningstyp har tre scenarier för inhemskt innehåll modellerats: Lågt, Bas och Högt, som återspeglar olika grader av deltagande från svenska och nordiska leverantörer. Lågt-till-högt-scenarierna är beroende av val av teknik, kärnkraftsprojekt i Europa och inhemska orderböcker (engångsprojekt kontra programutbyggnad). För att gå från låg till hög nivå krävs riktade insatser såsom leverantörskvalificering, långsiktig flottanvändning, stödjande upphandlingspolicy och tidig insyn i projektets tidsplan – flera av dessa insatser beskrivs i rekommendationerna.

Beräkningarna tillämpar sektorsspecifika ekonomiska multiplikatorer på varje CAPEX-kategori och kopplar dem till svenska branscher (enligt NACE-kod). Dessa multiplikatorer uppskattar mervärdet (GDP-effekten) och heltidsanställda (FTE) som genereras både direkt och indirekt genom leveranskedjan. Alla CAPEX-värden diskonteras med 2,5 % (WACC) för att återspegla deras verkliga ekonomiska värde över tid.

Modellen ger en strukturerad och transparent bild av potentiella ekonomiska resultat, men det finns flera osäkerhetsfaktorer, bland annat noggrannheten i CAPEX-fördelningen mellan branscher, tillämpligheten av historiska koefficienter, antaganden om lokaliseringsnivåer och potentiella förseningar i tidsplanen. Det är värt att notera att SMR-scenariot baseras på en enda 300 MW-enhet utan att tillämpa några kostnadsminskningar från serieproduktion. I verkligheten skulle en lansering av flera SMR (t.ex. en kärnkraftsflotta på 6–8 enheter) sannolikt resultera i skalfördelar, vilket skulle sänka enhetskostnaderna och förbättra den ekonomiska lönsamheten över tid.

Bas-scenariot utgår från en realistisk lokalisering baserad på nuvarande kapacitet.

Reaktortyp	Totala investeringar (SEK)	Inhemsk investering (SE)	Inhemsk investering (SE + Norden)	Direkt påverkan på BNP(SE)	Indirekt påverkan på BNP(SE)	Total påverkan på BNP (SE)	Totalt antal helårstjänster (SE)
SMR (300 MW)	27,2 miljarder	11,5 miljarder (44,8%)	14,6 miljarder (56,9%)	4,8 miljarder	4 miljarder	8,8 miljarder	7 602 (4151 direkt + 3 451 indirekt)
LSR (1200 MW)	90,2 miljarder	48,8 miljarder (54,1%)	58,8 miljarder (65,1%)	21,2 miljarder	18,8 miljarder	40 miljarder	33 454 (17 727 direkt + 15 727 indirekt)

Figur 17: Jämförande tabell som visar de ekonomiska och finansiella effekterna av SMR och LSR.

Anmärkningar:

- Direkt påverkan på BNP (VA) = mervärde från företag som är direkt involverade i leverans av varor/tjänster för projektet, indirekt påverkan på BNP = mervärde som genereras genom uppströms leverantörskedjor såsom Nivå 2 (underleverantörer) och Nivå 3 (leverantörer till underleverantörer), inklusive branscher som tillhandahåller material, komponenter eller tjänster som inte är direkt kontrakterade för projektet.
- Alla CAPEX- och mervärdesiffror som presenteras uttrycks i diskonterade (reella) termer med användning av en genomsnittlig kapitalkostnad (WACC) på 2,5 %. Detta återspeglar pengarnas tidsvärde och överensstämmer med ekonomisk modellering av investeringsklass.

Detta överensstämmer med nationella redovisningsprinciper och återspeglar standardiserade ekonomiska input-output-modeller.

Ungefärliga konsekvenser i olika scenarier, från låga till höga:

- **LSR 1 200 MW:**

- Effekt på BNP (direkt + indirekt effekt på BNP): cirka 28,5 miljarder SEK (låg) – cirka 45,7 miljarder SEK (hög)
- Arbetsplatser (totalt antal arbetstillfällen = direkt + indirekta arbetstillfällen): cirka 23 800 arbetstillfällen (låg) – cirka 38 000 arbetstillfällen (hög)
- **SMR 300 MW:**
 - Effekt på BNP (direkt + indirekt effekt på BNP): cirka 6,1 miljarder SEK (låg) – cirka 11,2 miljarder SEK (hög)
 - Arbetsplatser (totalt antal arbetstillfällen = direkt + indirekta arbetstillfällen): cirka 5 500 arbetstillfällen (låg) – cirka 10 200 arbetstillfällen (hög)

Nordiska leverantörer beräknas tillföra 1 000–5 000 arbetstillfällen, beroende på anläggningstyp och scenario.

LSR-Scenario	CAPEX (real värde)*	Inverkan på BNP (real värde)	#Helårstjänster
Låg	• Sve: 34,8 miljarder SEK • Sve + Norden: 39,9 miljarder SEK	• Direkt: 15,1 miljarder SEK • Indirekt: 13,4 miljarder SEK • Totalt: 28,5 miljarder SEK	• Direkt: 12 631 • Indirekt: 11 207 • Totalt: 23 838
Bas	• Sve: 48,8 miljarder SEK • Sve + Norden: 58,8 miljarder SEK	• Direkt: 21,2 miljarder SEK • Indirekt: 18,8 miljarder SEK • Totalt: 40 miljarder SEK	• Direkt: 17 727 • Indirekt: 15 727 • Totalt: 33 454
Högt	• Sve: 55,7 miljarder SEK • Sve + Norden: 70,2 miljarder SEK	• Direkt: 24,2 miljarder SEK • Indirekt: 21,5 miljarder SEK • Totalt: 45,7 miljarder SEK	• Direkt: 20 229 • Indirekt: 17 947 • Totalt: 38 176

Note: Total CAPEX (real value) for LSR = SEK 90,2 bn

SMR-Scenario	CAPEX (real värde)*	Inverkan på BNP (real värde)	#Helårstjänster
Låg	• Sve: 8,0 miljarder SEK • Sve + Norden: 9,5 miljarder SEK	• Direkt: 4,8 bn SEK • Indirekt: 2,8 bn SEK • Totalt: 6,1 miljarder SEK	• Direkt: 2 890 • Indirekt: 2 403 • Totalt: 5 292
Bas	• Sve: 11,5 miljarder SEK • Sve + Norden: 14,6 miljarder SEK	• Direkt: 4,8 miljarder SEK • Indirekt: 4,0 miljarder SEK • Totalt: 8,8 miljarder SEK	• Direkt: 4 151 • Indirekt: 3 451 • Totalt: 7 602
Högt	• Sve: 14,7 miljarder SEK • Sve + Norden: 19,8 miljarder SEK	• Direkt: 6,1 miljarder SEK • Indirekt: 5,1 miljarder SEK • Totalt: 11,2 miljarder SEK	• Direkt: 5 312 • Indirekt: 4 416 • Totalt: 9 728

Figur 18: Jämförande tabell som visar de ekonomiska och finansiella effekterna av SMR och LSR

4.1 Inhemskt innehåll

För att uppskatta den svenska och nordiska andelen av kärnkraftsbyggandet har vi tagit fram tre scenarier: **Låg**, **Bas** och **Högt**. Varje scenario återspeglar olika nivåer av leverantörernas beredskap, lokaliseringspolitik och branschens mobilisering.

- **Låg** antar låg inhemsk ordergång (<5 GW), begränsad svensk upphandling, särskilt när det gäller reaktorkomponenter och EPC.
- **Bas** återspeglar en realistisk lokalisering, hög svensk ordergång (cirka 5 GW), med hjälp av befintliga styrkor inom konstruktion, maskiner, teknik och elsystem.
- **Hög** antar omfattande inhemsk orderbok (>5GW), proaktiva lokaliseringssatsningar, leverantörskvalificering och uppskalning genom en flottbaserad uttullning.

Scenario	SMR (SE)	LSR (SE)	Nordisk (tillägg)
Låg	31%	39%	6%
Bas	45%	54%	11–12%
Hög	57%	62%	16–20%

I basfallet tar svenska leverantörer hand om cirka **12,2 miljarder kronor** (SMR) och cirka **51,7 miljarder kronor** (1 200 MW). Nordiska leverantörer lägger till cirka 10–12 % på utgångspriset, främst inom el- och tekniska system.

Lokalisering

Högre lokalisering innebär större bibehållande av värde inom den nationella ekonomin – fler arbetstillfällen, högre skatteintäkter, starkare industriell bas. En övergång från lågt till högt scenario kan öka mervärdet med upp till 60 % (~18 miljarder SEK) och generera över 10 000 ytterligare heltidsekvivalenter per 1 200 MW-enhet.

Andra påverkande faktorer

Parameter	Inverkan på lokalisering
Leverantörsberedskap	Kärnkraftsklassad kvalitet, certifiering och leveranskapacitet
Flotteffekt (flera kärnkraftverk)	Repetition möjliggör inläring, kostnadsminskning och skalbarhet.
Policy och upphandlingsstrategi	Tidig kvalificering, kriterier för lokalt innehåll, stödverktyg
Projektets tidsplan och synlighet	Långa ledtider gör det möjligt för leverantörer att investera och öka produktionen.
Finansiell miljö (WACC)	Påverkar nuvärdet av upphandling och riskbenägenhet

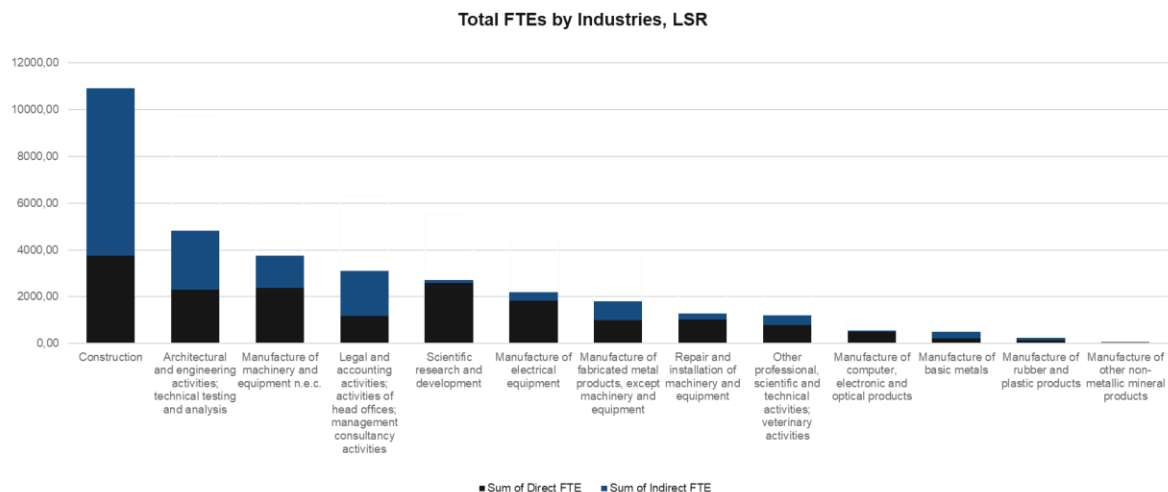
Kort sagt är lokaliseringen inte given, även om den är en **strategisk faktor**. Med rätt ramverk skulle Sverige kunna behålla större delen av de **nukleära investeringarna** inom landet och därmed stärka den långsiktiga ekonomiska och industriella motståndskraften.

4.2 Arbetskraft

Att bygga kärnkraftverk genererar betydande sysselsättning i hela den svenska ekonomin – både **direkt** (genom företag som levererar till projektet) och **indirekt** (via leverantörskedjor och stödtjänster).

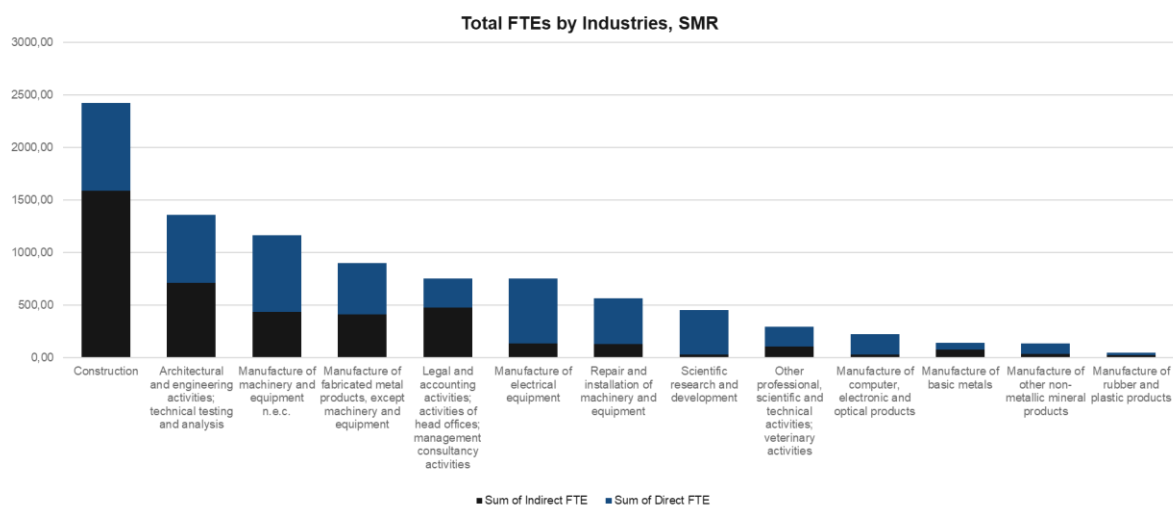
Reaktortyp	Direkta heltidstjänster	Indirekta heltidstjänster	Totalt antal heltidstjänster
SMR (300 MW)	~4 100	~3 400	7 600
1 200 MW	~17 700	~15 700	33 454

De två figurerna nedan illustrerar hur heltidsjobb (FTE) fördelas mellan olika branscher för båda reaktortyperna. Varje stapel visar den totala sysselsättningseffekten i en given bransch, där **svart representerar direkta jobb** och **blått indikerar indirekta jobb** som genereras genom värdekedjan.



Figur 19: Totalt antal heltidsanställda per bransch, LSR

Dessa jobb omfattar högkvalificerade ingenjers- och FoU-roller samt storskalig sysselsättning inom bygg-, tillverknings- och tekniksektorn.



Figur 20: Totalt antal heltidsanställda per bransch, SMR

De sektorer som bidrar mest (heltidsanställda, basfall)

Tabellen nedan visar de fem sektorer som har störst total sysselsättningseffekt (direkta + indirekta heltidsjobb) i Sverige för varje reaktortyp. NACE-koderna representerar standardiserade branschklassificeringar som används inom EU för ekonomisk analys.

Sektor (NACE)	Description	SMR heltidstjänster	1 200 MW heltidstjänster
Byggnad (F)	Bygg- och anläggningsarbeten	2 005	10 900
Teknik och testning (M71)	Arkitekt- och ingenjörstjänster; tekniska undersökningar	1 124	4 859
Maskiner och utrustning (C28)	Tillverkning av maskiner för allmänt bruk och specialmaskiner	962	3 789
Management och konsultverksamhet (M69–70)	Juridisk, redovisnings- och managementkonsultverksamhet	623	3 143

Elektrisk utrustning (C27)	Tillverkning av elektrisk distributions- och styrutrustning	621	2 216
-----------------------------------	---	-----	-------

Arbetskraftens kvalitet och strategiska relevans

- Högkvalificerade roller (M71, M69, M72) bidrar oproportionerligt mycket till mervärdet per **heltidsekvivalent**.
- Tillverkning och byggande ger **skalbara sysselsättnings-** och regionala fördelar.
- Lokalisering bidrar till att **förankra långsiktig kompetens** inom ren energi, finmekanik och projektleverans.

4.3 Känslighetsanalys

Flera faktorer har en **väsentlig inverkan** på de ekonomiska och sysselsättningsmässiga resultaten av ett kärnkraftsbygge. Viktiga känsliga faktorer är bland annat:

Försening och rabatter

En diskontering med 2,5 % WACC minskar projektets värde avsevärt:

Reaktor	Nettoförlust (SEK)	Minskning av heltidsanställda (Sweden)
SMR	~0,7 miljarder	~430
1 200 MW	~2,9 miljarder	~1 900

Anmärkning: NPV (netto nuvärde) – avräknat värde av utgifterna. *NPV-förlusten fångar upp skillnaden mellan den nominella (odiskonterade) kapitalkostnaden och den diskonterade (reala) kapitalkostnaden. Den återspeglar den ekonomiska verkligheten att **en krona som investeras idag är värd mer än samma krona som spenderas i framtiden.***

Förseningar sänker nuvärdet av lokal upphandling och minskar behovet av arbetskraft under högsäsongen för byggandet.

Scenariofördelning

En övergång från **låg till hög lokalisering (1 200 MW)** kan öka:

- Effekt på BNP med cirka 60 %
- Skapande av cirka (5 000–10 000) heltidsanställda per anläggning
- Nordiska leverantörers deltagande, särskilt inom turbiner, BoP och EPC-stöd

Andra viktiga drivkrafter

- **Att lansera en serie av reaktorer** (istället för en enda enhet) skapar möjligheter till lärande genom praktisk erfarenhet, kostnadsminskningar och uppskalning. Detta hjälper svenska och nordiska leverantörer att klättra uppför kapacitetskurvan – och bli mer konkurrenskraftiga och erfarna för varje projekt.
- **Upphandlingsstrategi** (t.ex. klausuler om lokalt innehåll, förkvalificering) är avgörande för att aktivera inhemska värdekedjor.
- **Branschens mognadsgrad** varierar mellan olika segment: bygg- och maskinsektorn är mogna, medan primärkretsar och I&C fortfarande har gap.

4.4 Resultat

Konsekvensbedömningen bekräftar att inhemsk upphandling av investeringar i kärnkraftverk – oavsett om det gäller ett **1 200 MW LWR** eller ett **300 MW SMR** – kan generera betydande ekonomiska vinster för Sverige. I basscenariot fångar den svenska industrin upp cirka **44 % av CAPEX** som BNP genom direkt och indirekt mervärde, med över **33 000** heltidsjobb (FTE) som skapas för **1 200 MW-reaktorn och 7 600 heltidsjobb** för SMR.

1 200 MW-reaktorn ger ett totalt mervärde (bidrag till BNP) på cirka **40 miljarder** SEK för Sverige, medan 300 MW SMR bidrar med cirka **8,8 miljarder** SEK, vilket visar på en stark skalbarhet mellan olika projektstorlekar.

En högre lokaliseringsgrad förstärker fördelarna ytterligare: från det låga till det höga scenariot ökar mervärdet med cirka **60 % (från 28,5 till 45,7 miljarder SEK)** och sysselsättningen ökar med över **14 000 heltidsjobb (från cirka 23 800 till cirka 38 200)**. Regional sourcing från nordiska grannländer ger ytterligare industriella spridningseffekter, vilket höjer den totala inhemska andelen till nästan **78 %** i det höga scenariot.

Analysen visar att investeringar i kärnkraft ger betydande **ekonomiska och sysselsättningsmässiga avkastningar**, särskilt när lokalisering prioriteras.

Vad BNP-effekten (mervärde) innebär

- **Direkt påverkan på BNP (direkt mervärde):** BNP som skapas av företag som direkt levererar varor/tjänster till projektet
- **Indirekt påverkan på BNP (indirekt mervärde):** BNP från uppströmsleverantörer (material, logistik, tjänster)

Reaktor	Total påverkan på BNP (SEK)	Andel av CAPEX (%)
SMR	~8,8 miljarder	~34%
1 200 MW	~40 miljarder	~44%

Vad årsarbeten representerar

- **Direkta heltidsanställningar** = sysselsättning i svenska företag som levererar till projektet
- **Indirekta heltidsanställningar** = sysselsättning i stödjande branscher som aktiverats genom efterfrågan (leveranskedjeeffekt)
- Sektorer med flest nya arbetstillfällen: **byggbranschen, maskintillverkning, teknik- och konsultverksamhet**

Viktiga slutsatser

- Bascenariot för 1 200 MW ger redan **hög ekonomisk avkastning** (~40–45 % av CAPEX som BNP, tusentals arbetstillfällen).
- En övergång till hög lokalisering tillför **betydande värde** – både strategiskt och ekonomiskt.
- Med ett proaktivt tillvägagångssätt kan kärnkraftsbyggandet fungera som en hävstång för den **nationella industripolitiken** och främja ren energi, sysselsättning och konkurrenskraft i hela den svenska ekonomin.

5. Business case

För business caset har vi intervjuat flera Nivå-0-OEM-tillverkare och Nivå-1-leverantörer som ännu inte är verksamma i Sverige, och uttryckligen undersökt deras lokaliseringströsklar och långsiktiga serviceförväntningar. Dessa insikter har sedan jämförts med riktad skrivbordsforskning för att validera resultaten och slutsatserna.

5.1 Tröskelvärde för lokalisering kärnkraftskapacitet

För LSR: En svenskbaserad leveranskedja för stora reaktorer blir kommersiellt attraktiv när den samlade nordisk-baltiska orderboken når \approx **4–7 GW (4–7 enheter)**. I denna skala kan en svensk modulfabrik av typ 2/3, det vill säga tillverkning av stålbehållare och utrustningsmoduler, amorteras och täcka en betydande del av omfattningen av civilkonstruktion, turbinö och övriga anläggningsdelar.

För att gå vidare uppåt i värdekedjan (fullständig utrustningsleverans) krävs \geq 7 GW, helst över 12 GW, och det kan också hålla en tung konstruktion och ytterligare lokal tillverkning av utrustning som täcker alla segment av värdekedjan.

För SMR: En specialiserad fabrik för tillverkning av små modulära reaktorer (SMR) är ekonomiskt lönsam endast om den kan räkna med en betydande orderstock över flera år. Intervjuer med Nivå 0 SMR OEMS tyder på ett minimikrav på cirka **7 GW** ($\approx 16 \times 450$ MW, med 90 % kapacitet, SMR-enheter), vilket innebär mer än 16 SMR i ett geografiskt kluster innan man investerar i en ny tillverkningslinje. Detta skulle motsvara cirka **50 TWh per år**, vilket täcker ungefär **en sjättedel av den årliga elförbrukningen på 300 TWh** som Sverige siktar på för 2040 och därmed bidra väsentligt till landets elektrifieringsmål.

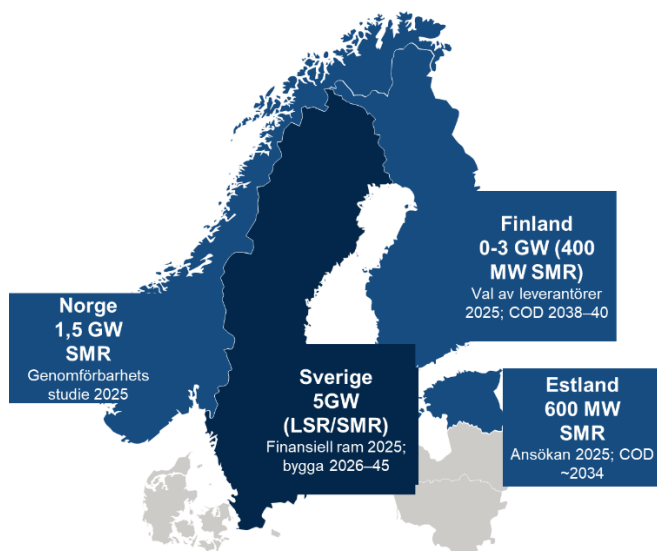
De sammanlagda aviserade och planerade kärnkraftsprojekten i Sverige och dess nordiska och baltiska grannländer uppgår till **7–10 GW** ny kapacitet fram till 2045, vilket överstiger tröskelvärdet och gör Sverige till en stark kandidat för regional modulproduktion. Sverige erbjuder också konkurrensfördelar i form av energipriser, kvalificerad arbetskraft, logistik och förutsägbart statligt stöd, vilket ytterligare stärker argumenten för lokalisering. Det är viktigt att notera att den finansiella ram som godkänts av den svenska riksdagen omfattar 5000 MW, men den svenska färdplanen för ny kärnkraft siktar på en total tilläggskapacitet på cirka 10 000 MW fram till 2045.

5.2 Introduktion

Den nya kärnkraftskapaciteten (MW) måste åtagas i Sverige och grannländerna för att göra det attraktivt för reaktorleverantörer att lokalisera tillverkningen av LSR/SMR-moduler till Sverige. Rapporten bygger på intervjuer med Nivå 0 SMR-OEM-tillverkare, offentliga planer som offentliggjorts fram till maj 2025 samt skrivbordsundersökningar. Den fokuserar på Norden och Baltikum och omfattar inte Centraleuropa, eftersom det redan finns etablerade nav i Storbritannien, Frankrike och i växande utsträckning i Polen.

5.3 Sammanlagd projektportfölj (indikativ)

Bilden nedan visar en sammanlagd framtida projektportfölj på 7–10 GW i Norden och Baltikum.



Figur 21: Sammanlagd framtida projektportfölj på 7–10 GW i Norden och Baltikum

Land	Planerad ytterligare kapacitet (MW)	Status / Tidsuppskattning
Sverige	5 000 MW	Finansiell ram 2025; byggfas 2026–45 (hälften före 2035)
Finland	0-3000 MW	Förhandsurval; uppskalning 2030–40
Estland	600 MW	Ansökan 2025; COD ~2034
Norge	1 500 MW	Genomförbarhet 2025; COD 2035–40

5.4 Regional efterfrågan på nya kärnkraftverk

Den regionala efterfrågan på ny kärnkraft beskrivs nedan för varje land.

5.4.1 Sverige

Regeringen planerar fyra storskaliga reaktorer¹⁰⁴ – med en installerad kapacitet på cirka 5 000 MW – eller motsvarande i små modulära reaktorer (SMR) och i sin kärnkraftsplan siktar man på totalt 10 000 MW ytterligare kärnkraft till 2045. Hälften av dessa ska vara i drift senast 2035.

Vattenfall har beslutat att välja ut brittiska Rolls-Royce SMR och amerikanska GE Hitachi Nuclear Energy för vidare utvärdering. Parallellt med detta fortsätter Vattenfall att undersöka förutsättningarna för att bygga storskaliga reaktorer på platsen. Parallellt med detta kommer Vattenfall att fortsätta undersöka förutsättningarna för att bygga storskaliga reaktorer. De leverantörer som ingår i utvärderingen av storskaliga reaktorer är amerikanska Westinghouse och franska EDF.

*”Vi har ännu inte valt någon reaktorteknologi. Oavsett om vi väljer små modulära reaktorer eller storskaliga reaktorer kommer ett framtida investeringsbeslut bland annat att kräva en rimlig riskdelningsmodell med staten. Detta är nödvändigt för att sänka finansieringskostnaderna och därmed möjliggöra en rimlig kostnad för elproduktion som kunderna är beredda att betala”, säger Desirée Comstedt.*¹⁰⁵

Fortum undersöker också möjligheten att bygga 1–2 LSR och 1 SMR i Finland eller Sverige.

5.4.2 Finland

Det finska energibolaget Fortum¹⁰⁶ har valt ut två stora reaktorleverantörer och en leverantör av små modulära reaktorer för vidare diskussioner efter att ha slutfört en tvåårig genomförbarhetsstudie om förutsättningarna för nybyggnation av kärnkraftverk i Finland och Sverige. Denna kapacitet kan därför inte vara exklusiv för Finland.

Steady Energy LDR-50-pilotprojektet (termisk 50 MW) är en föregångare; marknadsstudier förutspår upp till cirka en gigawatt nya SMR-reaktorer fram till 2040¹⁰⁷.

5.4.3 Estland

Fermi Energia har ansökt om att bygga **två BWRX-300-enheter på 300 MW (≈600 MW)** med första kraftproduktion i början av 2030-talet¹⁰⁸.

5.4.4 Norge

Norsk Kjernekraft föreslår upp till 1,5 GW SMR-kapacitet i Tjeldbergodden, vilket skulle producera 12,5 TWh/år.

Det politiska arbetet pågår; projektet ses som en drivkraft för industriell omställning till ett koldioxidfritt samhälle¹⁰⁹.

5.5 Modularisering

Modulariseringen kan delas upp i tre huvudtyper, vilket gäller för både LSR och SMR. Modularisering delar upp anläggningen i tre fabriksstillverkade modulblock eller typer: **1) Betong, 2) Stållamar** och **3) Utrustningsmoduler**. Detta gäller både för LSR och SMR. Varje block kan betraktas som en egen produktionslinje.

- **Vid den första ordergång** är de enklaste produkterna med högst genomströmning – betongburar av typ 1 – de självklara kandidaterna för lokal produktion.
- **När ordergången ökar** (t.ex. ytterligare reaktorenheter bekräftas) motiverar det stadiga flödet av tonnage investeringar i verkstäder för tungt stål för typ 2-ramar.
- **När volymen växer ytterligare** och scheman överlappar varandra blir det lönsamt att inrätta en ren, testklar hall för typ 3-utrustning, vilket ger mer mervärde – rörledning, kabeldragning, FAT-testning – inom landet.

Kort sagt, varje nytt reaktorkontrakt breddar det ekonomiska utrymmet för att flytta ytterligare en modulclass till hemlandet, vilket gradvis förvandlar Sverige från en köpare av utländska moduler till en leverantör av hela spektrumet.

Modultyp

Typ 1 - Betong

Stålstänger, inbäddade plattor, ibland kompositväggar av stålplåt utan inbyggd utrustning

Ren civil stål/betong – inget ”levande” inuti



Typ 2 – Stora stållamar

Stora öppna stålmoduler (t.ex. inneslutningsringar, rörställningar, golvmoduler, pelare för turbinhallen). Inga större roterande delar, men kan ha förinstallerade upphängningar och fästen.

Stora tomma stållamar – endast konstruktionsskelett



Typ 3 – Utrustning

Moduler som levereras med pumpar, värmeväxlare, tankar, rörledningar, kablar och instrumentering redan installerade och testade. Exempel: AP1000 "EP"-utrustningsmoduler; turbin-skid "box" för Hinkley C.



Plug-and-play-utrustningsmoduler – pumpar, värmeväxlare, kablage fabriksinstallerade och testade

	LSR – Modulariseringsupplägg baserat på kapacitet (1200 MW – 90 % kapacitet)	SMR – Modulariseringsupplägg baserat på kapacitet (300 MW – 90 % kapacitet)
Orderingång (SWE)	Sannolikt lokaliseringresultat	Sannolikt lokaliseringresultat
≤1.5 GW 1LSR eller 1-5SMR	Anläggningsarbeten och byggnation huvudsakligen	Anläggningsarbeten och betongmoduler gjutna lokalt
≈2–4 GW 2-3LSR eller 6-14SMR	Dedikerad svensk betongfabrik + växande nivå-2/BOP-arbetsdelning (ventiler, ställverk, I&C)	Dedikerad svensk betongfabrik + växande nivå-2/BOP-arbetsdelning (ventiler, ställverk, I&C)
≈4–7 GW 4-7LSR eller 15-23SMR	Ekonomiska argument för en svensk fabrik för typ 2/3-moduler (stälrsställningar, skidor, turbinhallsmoduler)	Ekonomiska argument för en svensk fabrik för typ 2/3-moduler (stälrsställningar, skidor, turbinhallsmoduler)
≈7-12 GW ≥7-12LSR eller 24-40SMR	Fullständig modulfabrik plus stor sannolikhet för omlokalisering (eller bildande av joint venture) av smidesverksamhet (tung tillverkning av kraftverk flyttad till Sverige)	Fullständig modulfabrik, stor sannolikhet för omlokalisering av smides-/tryckkärlslinjen eller joint venture
≥12 GW >12LSR eller ≥40SMR	Sverige blir nordiskt centrum för LSR-tillverkning – flera modullinjer, export av tunga komponenter	Sverige blir nordiskt tillverkningscentrum – flera produktionslinjer, med export

Figur 22: Modulariseringsschema för kärnreaktorer för LSR och SMR i Sverige

Oavsett om det är en LSR eller SMR som byggs är det troligt att en viss grad av lokalisering av leveranskedjan kommer att ske – det enklaste skulle vara produktion eller montering av betong- och stålkonstruktioner. På grund av skillnaden i fysisk storlek och erforderlig yta skulle LSR sannolikt generera ett större lokalt behov av sådana element.

De LSR-leverantörer som är relevanta på kort sikt för Sverige (EDF och Westinghouse) har en lång tradition av nybyggnation av kärnkraftverk och har sannolikt redan en välutvecklad leveranskedja och inköpsmodell. Potentiella nybyggnationer enbart i Sverige (oavsett om det är 2500 MW eller 5000 MW etc.) skulle sannolikt inte vara tillräckligt stora för att motivera stora etablerade aktörer att etablera nya produktionsanläggningar för viktiga komponenter eller produkter i primär- och tertiärkretsen i Sverige. Även om ett scenario där sådana nya produktionsanläggningar etableras i Sverige är mycket attraktivt och bör uppmuntras, är det sannolikt inte en särskilt trolig utveckling. Sannolikheten för lokalisering i Sverige skulle kunna öka om grannländerna i Norden eller Baltikum lägger order hos samma leverantörer, eftersom Sverige har goda förutsättningar att leverera till regionen. Sådana utvecklingar och beslut ligger dock utanför den svenska regeringens kontroll.

Situationen för SMR-leverantörer (som RR SMR och GEH) skiljer sig sannolikt från de mer kommersiellt etablerade LSR-leverantörerna, eftersom tekniken är ny och ännu inte har införts i någon betydande skala och FoAK fortfarande är under uppbyggnad. Även om dessa aktörer har betydande erfarenhet inom kärnkraftsområdet är leveranskedjestrukturen sannolikt inte helt fastställd, och länder som valde sådan teknik i ett tidigt skede har sannolikt större sannolikhet att fånga upp en större del av leveranskedjan (men denna möjlighet medför också större inneboende projektrisk). Viktiga komponenter såsom primärkretsen kommer sannolikt inte att tillverkas i Sverige på grund av bristande specialkunskaper. Komponenter såsom inneslutningsstrukturen och anläggningsarbeten skulle dock teoretiskt sett kunna tillverkas lokalt, även vid lägre produktionsvolym. Det blir först möjligt att utöka betydande delar av produktionen till Sverige vid volymer som överstiger cirka 7 GW. Vid högre volymer än så finns det starkare skäl att utöka nästan hela produktionen till Sverige eller Norden.

För att en LSR- eller SMR-leverantör ska överväga att lokalisera produkter eller tjänster i Sverige är den viktigaste parametern den inhemska och regionala projekthanteringen. Därefter är vanliga parametrar som statligt stöd, tillgång till tillräcklig kompetens och konkurrenskraftiga arbetskraftskostnader sannolikt viktiga parametrar.

För SMR: Affärsmodellen bygger på högt standardiserad fabriksproduktion. I intervjun med en Nivå 0 SMR framkom att för att de ska kunna överväga att replikera sin nuvarande tillverkningsanläggning måste kapaciteten vara större än 16 SMR, 450 MW vardera (7 GW), vilket skulle utgöra en tredjedel av de 150 TWh som behövs för att tillgodose Sveriges ökade energibehov (från 150 TWh till 300 TWh år 2040).

Med tanke på den sammanlagda nordisk-baltiska ledningskapaciteten på cirka 7–10 GW kan Sverige på ett trovärdigt sätt erbjuda en sådan volym, särskilt om landet samordnar regionala beställningar och tillhandahåller förutsägbara statliga stödinstrument.

6. Rekommendationer

Med utgångspunkt i kartläggningen av leverantörer, identifierade gap och ekonomiska/affärsmässiga bedömningar i de föregående kapitlen, presenteras nedan rekommendationer som utgör en praktisk färdplan och nästa steg för att etablera och främja en svensk kärnkraftsvärdekedja.

6.1 Syftet med rekommendationerna i rapporten

Rekommendationerna för hela kärnkraftsförsörjningskedjan syftar till att positionera Sverige som en aktiv bidragsgivare, inte bara en kund och mottagare, i framtida nybyggnationer av kärnkraftverk. Sverige har betydande erfarenhet av storskaliga industriella projekt och kärnkraftsfrågor i stort, men saknar nutida erfarenhet av nybyggnation av kärnkraftverk samt tillverkning av flera kritiska komponenter.

Syftet med rekommendationerna som ges är att:

- Bygga upp strategiska nationella kapaciteter inom områden där Sverige kan ta ledningen regionalt och/eller globalt
- Säkra kunskapsöverföring och minska beroendet genom tidiga internationella partnerskap inom kärnreakorteknologi och kärnkraftsbyggnation
- Möjliggöra långsiktigt deltagande i flera projekt
- Skapa industriella fotfästen i kritiska delsystem där Sverige kan vara delägare
- Utveckla en kompetent, skalbar arbetskraft och ett leveranssystem för att stödja ett hållbart kärnkraftsprogram

För de olika delarna av värdekedjan är målet och potentialen följande:

Utveckling: Syftet med dessa rekommendationer är att hjälpa Sverige att gå från att vara en leverantör till att bli en tillförlitlig initiativtagare och samordnare av nybyggnationer av kärnkraftverk. Det handlar om att införskaffa kunskap, minska framtida beroenden och positionera Sverige så att landet kan forma, inte bara vara värd för, nästa generations kärnkraft.

Byggnation: Syftet med dessa rekommendationer är att öka Sveriges förmågor inom nybyggnation av kärnkraftverk. Sverige har starka byggföretag och välutvecklad infrastruktur, men behöver införskaffa sig erfarenheten och specialkompetensen som krävs för att bygga nya kärnkraftverk. Rekommendationerna syftar till att nationellt tillvarata så stor del av byggvolymen som möjligt, men också att införskaffa sig kunskap för framtida nybyggnation av kärnkraftverk.

Primärkrets: Målet här är kunskapsutveckling och att utöka det industriella ekosystemet. Sverige kan inte leverera kärnkraftsöns på egen hand, men kan och bör integrera sig djupt i värdekedjan. Målet är att skaffa sig nödvändig kunskap, minska framtida beroenden och i möjligaste mån skapa en tydlig svensk roll i reaktorns mest centrala del.

Sekundärkrets: Målet här är att maximera Sveriges roll i integreringen av turbinöns genom att utnyttja landets industriella styrkor. Målet är att integrera svensk industri i turbinöns, utöka exportpotentialen och stärka Sveriges bild som en pålitlig partner inom kärnkraftssystem.

Balance of plant: Målet är att omvandla Sveriges industriella styrkor till kärnkraftskvalificerad kapacitet, inte nödvändigtvis genom att uppfinna ny teknik, utan primärt genom att lyfta befintliga leverantörer så att de uppfyller kärnkraftsstandarder och blir ledande inom systemintegration. Det finns redan kunskap i Sverige men den måste anpassas till ett kärnkraftssammanhang.

Ställverk: Målet är att konsolidera Sveriges befintliga styrkor till ett helomfattande exportpaket och säkerställa en smidig nätanslutning för framtida kärnkraftverk.

6.2 Initiativ som leds av den privata sektorn

Nedan följer rekommendationer till privata aktörer i värdekedjan för att möjliggöra ökade marknadsandelar, skapa tekniskt ledarskap och ökad konkurrenskraft:

Utveckling: Främja internationella partnerskap i ett tidigt skede: Engagera Nivå 0-OEM-tillverkare i förlicensieringsfasen för att samordna design, tillgång till immateriella rättigheter och certifieringsvägar för vald reaktorteknologi. Ett tidigt, strukturerat samarbete med potentiella reaktorleverantörer kommer att ge svenska företag inflytande över viktiga val, fördjupa den inhemska kunskapen och förkorta senare licensieringssteg. *(Förslag ansvariga: svenska Nivå 0-energiföretag och Nivå 1-ingenjörsföretag)*

Byggnation: Upprätta långsiktiga partnerskap med internationella EPCM-entreprenörer: Istället för att förlita sig på engångsunderentreprenader bör Sverige engagera erfarna globala EPC-aktörer (t.ex. Bechtel, Bouygues, Hyundai E&C) genom ramverk för flera projekt eller s.k. *joint ventures*. Långsiktiga partnerskap förenklar kontinuerlig kunskapsöverföring mellan projekt, fördelar riskerna mer rättvist och gör det lättare att bygga upp lokal kapacitet över tid. *(Föreslagna ansvariga: svenska Nivå 0-energiföretag och Nivå 1-byggföretag, till exempel: Vattenfall, Afry, Skanska)*

Utöka den inhemska kapaciteten för storskalig kärnkraftsbyggnation: Gör det möjligt för stora byggföretag (t.ex. Skanska, NCC) att engagera sig i kärnkraftsprojekt genom pilotprojekt, partnerskap eller utbildning med erfarna internationella EPC-entreprenörer. Genom att attrahera arbetskraft med kompetens inom kärnkraftkonstruktion kommer man att säkra arbetstillfällena i landet och skapa en organisation som förstår kraven på kvalitet inom kärnkraftsområdet redan i tidigt stadie. *(Föreslagna ansvariga: svenska byggföretag, till exempel NCC, Skanska, Peab)*

Primärkrets: Säkra internationella OEM-partnerskap genom långsiktiga strategiska avtal: Bilda djupa industriella och tekniska partnerskap med ledande OEM-tillverkare (t.ex. GE Hitachi, Westinghouse, EDF) för att få tillgång till, och ökad förståelse för, kritisk kärnteknologi. Strategiska avtal som går utöver enkla köpeavtal kan säkerställa tekniköverföring och ge svensk industri inflytande över framtida produktuppggraderingar. *(Föreslagna ansvariga: Nivå 0 – Utilities, Vattenfall, Uniper)*

Skapa djup förståelse för kärnreakorteknologi genom aktivt deltagande: Svenska energibolag och leverantörer bör aktivt samarbeta med den valda OEM-tillverkaren för att få praktisk kunskap om kärnsystem, designprinciper och integrationskrav. Kontinuerligt gemensamt ingenjörsarbete och personalutbyte kommer att säkerställa att svenska organisationer kan drifva, underhålla och anpassa tekniken i en högre grad. *(Föreslagna ansvariga: svenska Nivå 0-företag inom energiförsörjning och Nivå 1-ingenjörsföretag, till exempel Vattenfall, Afry, Sweco, WSP)*

Istället för att försöka äga hela leveransen in till reaktorkärnan kan svenska företag fokusera på att gemensamt leverera utvalda delkomponenter, såsom bränslemodellering, säkerhetsanalyser eller hjälpsystem för reaktorkärnan. Genom att inrikta sig på nischområden kan inhemska företag specialisera sig på områden där de redan har styrkor och i högre grad ansluta sig till globala leveranskedjor *(Föreslagna ansvariga: svenska Nivå 1-leverantörer av produkter och primärkretsar, till exempel Studsvik, Alleima NCC, Skanska).*

Sekundärkrets: Utveckla referensprojekt i icke-nukleära sektorer: Använd industriella projekt för att stärka svenska företags meriter inom kärnkraftsområdet innan de tillämpas i ett reglerat kärnkraftssammanhang. Att visa upp högkvalitativt arbete på konventionella anläggningar skapar en övertygande meritlista för senare anbud inom kärnkraftsområdet. *(Föreslagna ansvariga: svenska Nivå 1-leverantörer, till exempel ABB, Alfa Laval, Atlas Copco)*

Samarbeta med OEM-tillverkare för turbinintegration: Upprätta formella samarbetsavtal med exempelvis GE, Siemens eller Mitsubishi för att anpassa svenska stödsystem till globala turbinpaket och säkerställa kompatibilitet och efterlevnad. Tidig gränssnitts Anpassning minskar designkonflikter och hjälper svenska underleverantörer att kvalificera sig som föredragna partners över hela världen. *(Föreslagna ansvariga: svenska Nivå 1-leverantörer av sekundärkretsar, till exempel ABB, Alfa Laval, Atlas Copco)*

6.3 Initiativ som leds av den offentliga sektorn

Rekommendation till offentliga aktörer inom kärnkraftsområdet följer nedan:

Övergripande satsning: Främja ett programbaserat tillvägagångssätt. Det programbaserade tillvägagångssättet säkerställer en ordninggång som motiverar investeringar från den privata sektorn, gör det möjligt för regeringen att genomföra initiativ för kompetensutveckling och certifiering, och omvandlar Sveriges kärnkraftsambitioner till en industriell strategi snarare än ett kortsiktigt projekt.

Det skulle avsevärt öka möjligheterna till en högre inhemsk andel av projekten och överföring av kärnkraftsspecifik kunskap. *(Föreslagen ansvarig: Klimat- och näringslivsdepartementet)*

Utveckling: Sträva efter att skapa långsiktig kapacitet för storskalig projektledning – en viktig strategisk parameter för Sverige om ett fullskaligt kärnkraftsprogram ska kunna genomföras under de kommande decennierna. Ett möjligt första steg skulle kunna vara att komplettera rollen kärnkraftsamordnare med en liten departementsöverskridande styrgrupp som gradvis utvecklas till ett permanent programkontor. Gruppen skulle kunna sammanställa lärdomar från megaprojekt så som Förbifart Stockholm och Norra Bottenhavslinjen, och genomföra gemensamma riskbedömningar av pågående infrastrukturprojekt. Över tid skulle programkontoret kunna bli den naturliga samordningshubben för alla nya kärnkraftsprojekt och koordinera dialogen mellan departement, myndigheter och industriella aktörer. *(Föreslagen ansvarig: Klimat- och näringslivsdepartementet).*

Investera i programberedskap: Upprätta ett strukturerat nationellt program för nybyggnation av kärnkraftverk med särskild samordning mellan regeringen, tillsynsmyndigheten och energibolagen för att påskynda genomförbarhets-, lokalisering- och tillståndprocesserna. Regeringen skulle till exempel kunna anta en övergripande ”ny kärnkraftsplan” som klargör roller, beslutsprocesser och finansieringsflöden. En permanent arbetsgrupp skulle kunna lösa frågor om tillstånd och markanvändning, medan myndigheter som SSM och Svenska kraftnät gemensamt testat parallella (snarare än sekventiella) granskningar av pilotfall. Genom att öppet publicera lärdomar skulle framtida projekt kunna genomföras snabbare. *(Föreslagna ansvariga: Regeringskansliet/Klimat- och näringslivsdepartementet/SSM)*

Säkerställa och behålla kritisk ingenjörskompetens: Lansera ett nationellt initiativ för kärnkraftskompetens riktat till nyutexaminerade ingenjörer, tillsynspersonal och säkerhetsspecialister. Staten kan överväga att utöka antalet platser på mastersnivå vid KTH, Chalmers och LTH, införa flexibla omskolningskurser för ingenjörer i mitten av karriären och lansera en riktad stipendiemodell som samfinansieras av näringslivet och den akademiska världen. Ett kompletterande spår skulle kunna skapa en snabbspårig kanal för arbetstillstånd för erfarna kärnkraftsspecialister som redan befinner sig inom EU men saknar svenska meriter. *(Föreslagna ansvariga: Utbildningsdepartementet; Arbetsmarknadsdepartementet)*

Byggnation: Skapa en långsiktig strategi för arbetskraft: Utveckla en nationell plan för arbetskraft som omfattar lärlingsutbildning, teknisk utbildning och omskolningsprogram för att säkerställa efterfrågan på svetsare, installatörer och projektledare, med fokus inte bara på ett projekt utan på ett hållbart utbildningsprogram. En pragmatisk väg skulle kunna vara att industrin och myndigheterna gemensamt utvecklar ett verktyg för kompetensscenarier som modellerar alternativa bygghastigheter och belyser flaskhalsar. Yrkehögskolornas läroplaner skulle då kunna justeras, och mobila utbildningscentrum, som redan testats utomlands, skulle kunna placeras nära de första byggarbetsplatserna. Erfarenheterna från Sizewell C-akademien i Storbritannien kan ge användbara mallar. *(Föreslagna ansvariga: Utbildningsdepartementet, arbetsmarknadsdepartementet med stöd av SSM, Nivå 0-OEM/energi bolag, Nivå 1-byggföretag och Business Sweden)*

Sekundärkrets: Certifiera svenska leverantörer av komponenter till sekundärkretsen enligt kärnkraftsstandarder: Starta ett nationellt kvalifikationsprogram. Exempelvis skulle staten kunna lansera ett enkelt startprogram: täcka kostnaden för varje leverantörs första kvalitetsrevision, dela ut lättanvända mallmanualer och publicera en lista över godkända företag på en offentlig webbplats så att kunderna kan hitta dem. *(Föreslagen ansvarig: SSM)*

Balance of Plant: Certifiera svenska BoP-leverantörer enligt kärnkraftsstandarder: Starta ett nationellt kvalifikationsprogram för att höja HVAC-, I&C-, pump- och elleverantörer till kärnsäkerhetsklassens krav genom dokumentation, utbildning och revisioner. Programmet skulle kunna genomföras i etapper: först med de mest tidskritiska komponenttyperna och senare utvidgas till att omfatta hela BoP-området. Sektorsövergripande workshops om kunskapsluckor skulle kunna para ihop erfarna kärnkraftsleverantörer med nykomlingar för mentorskap. *(Föreslagen ansvarig: SSM)*

Ställverk: Effektivisera tillståndsgivning och hantering av elnätsgränssnittet: Samordna dialogen mellan energibolag och tillsynsmyndigheter för att säkerställa förutsägbara tidsplaner och strategier för nätanslutning för nya kärnkraftverk. *(Föreslagna ansvariga: Energimarknadsinspektionen, Svenska kraftnät)*

6.4 Möjligheter till samverkan mellan olika sektorer

Rekommendationer för sektorsövergripande samarbete, det vill säga samarbete mellan offentlig och privat sektor, följer nedan:

Övergripande satsning: Sverige saknar för närvarande en etablerad intresseorganisation för kärnkraft, men en sådan organisation håller nu på att utvecklas i form av Nuclear Sweden, tidigare känt som SAFO. Business Swedens tolkning är att avsikten med denna organisation är att fokusera på att utveckla ett leverantörsnätverk och att drivandet av policyfrågor i stort ska förbli under Energiföretagen. Nuclear Sweden bör fungera som en knutpunkt för svenska och utländska leverantörer som för närvarande ingår i, eller vill ingå i, det svenska kärnkraftsekosystemet. Nuclear Sweden bör också sträva efter att kontinuerligt anordna relevanta aktiviteter (workshops, seminarier etc.) kopplade till detta område, med input från andra aktörer inom Team Sweden, såsom Energimyndigheten och Business Sweden, när så är tillämpligt. Nuclear Sweden bör också använda och vidareutveckla materialet i denna rapport och i underlagsdokumenten för att ytterligare synliggöra och marknadsföra viktiga svenska aktörer och kompetenser för kärnkraftsprojekt, både i Sverige och utomlands. Vidare bör Sverige öka sitt investerings – och exportfrämjande fokus genom att arbeta med att attrahera nödvändiga och jobbskapande investeringar inom kärnkraftsvärdekedjan för att minska existerande gap, samt växa svensk export kopplat till kärnkraft då efterfrågan på lösningar inom värdekedjan förväntas växa globalt fortsatt kommande decennier. *(Föreslagna ledare: Klimat- och näringslivsdepartementet, Business Sweden, Energimyndigheten, relevanta privata företag, Nivå 0 & Nivå 1)*

Utveckling: Stärka kapaciteten för samverkan med tillsynsmyndigheter: Bygga upp expertis inom den offentliga sektorn och hos energibolagen när det gäller att hantera tillståndsgivning för nya reaktortyper (t.ex. SMR), inklusive samarbete med tillsynsmyndigheter i länder som Finland, Storbritannien och Kanada. Gemensamma arbetsgrupper och systematiskt kunskapsutbyte kommer att förkorta granskningscyklerna och undvika dubbelarbete. Praktiska nästa steg kan vara att inrätta en form av "licensakademi" där svenska, finska och kanadensiska granskare utbyter personal i tre månaders rotationer, och att lansera en gemensam digital kunskapsbas där vanliga frågor och prejudikat registreras för framtida sökande. Med tiden bör dessa utbyten göra granskningarna snabbare och säkerställa liknande säkerhetsförväntningar över gränserna *(Ansvariga: Nivå 0-energiföretag och Strålsäkerhetsmyndigheten; Stöd: Vinnova Energiforsk och Klimat- och näringslivsdepartementet)*

Sekundärkrets: Främja Sverige som ett centrum för stödsystem (*auxillary systems*) kopplat till sekundärkretsen: Utnyttja styrkan hos ABB, Atlas Copco och Alfa Laval för att positionera Sverige som en självklar partner för automatisering av turbiner, pumpar, värmeväxlare och styrsystem. En samordnad exportkampanj i kombination med referensprojekt på hemmaplan kan etablera ett tydligt svenskt varumärke i den globala leveranskedjan. *(Föreslagna ansvariga: svenska Nivå 1-leverantörer av sekundära kretsar, till exempel ABB, Alfa Laval, Atlas Copco; Business Sweden, Energimyndigheten)*

Främja och stötta företag som exempelvis utländska turbintillverkare för att etablera turbinproduktion i Sverige: Ett program för nybyggnation av kärnkraftverk skulle kunna underlätta lokal produktion av turbiner. Lokal tillverkning skulle skapa högkvalitativa arbetstillfällen och förkorta logistikkedjorna för framtida byggprojekt. *(Föreslagna ansvariga: Klimat- och näringslivsdepartementet)*

Balance of Plant: Utveckla ett paketerbjudande för Balance of Plant med flera svenska leverantörer genom samordning och gemensamma erbjudanden (kondensorer, pumpar, HVAC och I&C). Samordnade paketförslag gör det lättare för energibolag att kontraktera svenska företag och visar en enhetlig kvalitetsstrategi gentemot tillsynsmyndigheter. Ett svenskt BoP-råd skulle kunna utarbeta en gemensam uppsättning gränssnittsstandarder, låta leverantörer förhandsgodkännas en gång för alla projekt och gemensamt erbjuda nyckelfärdiga paket till utländska intressenter. *(Föreslagna ansvariga: ABB, Alfa Laval, Business Sweden, Energimyndigheten)*

Ställverk: Främja fullständiga ställverksfunktioner för kärnkraftsprojekt: Tillsammans med ABB och Hitachi Energy bör Sverige konsolidera och främja ett komplett utbud av ställverkslösningar, inklusive teknik, utrustning och integration. Ett nyckelfärdigt ställverkserbjudande signalerar självförsörjning till finansörer och förenklar förhandlingar om nätgränssnitt. *(Föreslagna ansvariga: Hitachi Energy, ABB, Svenska kraftnät, Energimyndigheten, Business Sweden)*

6.5 Rekommendationer från konsekvensbedömningen och business case

Sammantaget är den inhemska andelen (%) lägst i primärkretsen, följt av sekundärkretsen och Balance of plant (BoP). För dessa kategorier finns det alltså en stor potential för affären och mervärdet att växa. För att förstå vad som ger bäst värde per investerad krona måste man se till hur mycket varje investerad krona kommer att bidra till BNP (eller mervärde). Och hur mycket varje krona kommer att bidra till antalet sysselsatta. Detta visar var investeringarna har störst effekt.

För högst nationell avkastning jämförs varje större utgiftskategori utifrån två kompletterande perspektiv:

Perspektiv	Innehåll	Konsekvens
Effekt på BNP (bruttomervärde per) SEK	Löner, vinster och produktionsskatter som skapas <i>direkt</i> inom Sveriges gränser för varje krona i produktion (tänk "inkrementell	Maximerar programmets bidrag till Sveriges ekonomiska tillväxt och skattebas.
Heltidsanställningar (FTE) per miljard SEK	Direkt + förstahandsleverantörers sysselsättning som genereras för varje miljard SEK som investeras.	Inriktar sig på skapande av arbetstillfällen, kompetensutveckling och regional påverkan på arbetsmarknaden.

Placering	NACE-kod	Branschbeskrivning	Value added/ 1 SEK
1	M72	Vetenskaplig forskning och utveckling	0.63
2	M71	Arkitektur och teknik; tekniska tester	0.53
3	M69-70	Juridik, redovisning, huvudkontor, konsultverksamhet	0.52
4	M74-75	Övriga yrkesmässiga, vetenskapliga och tekniska tjänster	0.46
5	C33	Reparation och installation av maskiner/utrustning	0.39

BNP-effekt (bruttovärde) per SEK – Högsta direkta mervärde per investerad SEK

Placering	NACE-kod	Branschbeskrivning	Heltidssysselsatta / 1 miljard SEK
1	F	Byggsektorn	≈ 1 313
2	M69-70	Juridik, redovisning, huvudkontor, konsultverksamhet	≈ 1 207
3	M74-75	Övriga yrkesmässiga, vetenskapliga och tekniska tjänster	≈ 1 224
4	M71	Arkitektur och teknik; tekniska tester	≈ 1 027

Placering	NAC E- kod	Branschbeskrivning	Heltidssysselsatta / 1 miljard SEK
5	C33	Reparation och installation av maskiner/utrustning	≈ 1 000

Heltidsanställda (FTE) per miljard SEK - Högsta sysselsättning (FTE) per investerad miljard SEK

Så ska värdena tolkas

- **Mervärdesperspektiv (bidrag till BNP)** – omfattar löner, vinster och skatter som genereras inom Sveriges gränser; en multiplikator på 0,63 innebär att varje krona som spenderas på FoU direkt genererar 63 öre i BNP inom den sektorn före eventuella spridningseffekter.
- **Sysselsättningsperspektivet (FTE)** – mäter både arbetstillfällen på plats och hos förstahandsleverantörer. Byggsektorn dominerar på grund av sin arbetsintensitet och låga importandel, medan kunskapssektorerna väger tyngre när det gäller löner än antalet anställda.

Prioritering	Motivering	Rekommenderade aktiviteter (förslag)
1. Prioritera kunskapsarbete med stor inverkan på BNP (M72, M71) tidigt i processen	Vetenskaplig FoU (M72) och teknik/testning (M71) ger de två högsta värdeskapande multiplikatorerna – 0,63 respektive 0,53 SEK per investerad krona. Tidiga investeringar här minskar riskerna med licensiering, förkortar tidsplanerna och kan föra in svensk immateriell egendom i projektet.	Investera i gemensamma FoU-program med universitet och OEM-tillverkare Upprätta ett teknikcentrum för att anpassa reaktorsystem till nordiska krav och exportmarknader
2. Använd professionella tjänster som drivkraft (M69-70, M74-75)	Konsult-, juridiska och huvudkontorsverksamheter (M69-70) rankas topp 3 i VA och nr 2 i FTE per SEK. Övriga professionella och tekniska tjänster (M74-75) ligger på plats nr 4 i VA och nr 3 i FTE.	Samla anbudspaket för programhantering, reglering och digitala PMO-tjänster under svenskt ledarskap Skapa ett "kärnkompetenscentrum" för att exportera rådgivningstjänster till hela regionen
3. Beträkta byggsektorn (F) som en motor för sysselsättningen på hemmamarknaden	Byggsektorn genererar cirka 1 314 heltidssysselsättningar per miljard kronor – den högsta sysselsättningsmultiplikatorn.	Krav på inhemsk byggkapacitet i förhandlingar Inför tröskelvärden för lokalt innehåll och lärlingsutbildningar i EPC-kontrakt

Prioritering	Motivering	Rekommenderade aktiviteter (förslag)
4. Bygg upp ett ekosystem för långsiktiga tjänster (C33)	Reparation och installation av maskiner (C33) ligger i topp 5 för både VA- och FTE-multiplikatorer, vilket är avgörande för drifts- och förvaltningsfasen.	Inkubera leverantörskluster kring värdekedjan som kan ta hand om nybyggnation och senare drift. Inkludera serviceavtal i driften till inhemska leverantörer som ett sätt att binda dem under de första åren av driften, så att leverantörernas investeringar inte enbart är kopplade till nybyggnation. Fler incitament för dem att investera i svensk inhemsk närvaro (till exempel turbinproduktion).

Om vi tittar på tröskelvärdet och modulariseringsfördelningen från business case är prioritet 1–3 tillämpliga även vid lägre ordervärden <4 GW för typ 1 och 2, och prioritet 4 kommer att öka viljan att påskynda takten för typ 3 (lokalisering av utrustning), som nu är mer relevant för större orderböcker >7 GW.

6.6 Sammanfattning av rekommendationer från konsekvensbedömningen och business case

- Sveriges kunskapsintensiva kapacitet bör stärkas, särskilt inom teknik, där potential finns att ytterligare skala upp redan befintliga styrkor under utvecklingsfasen och framför allt under faserna för primärkrets och turbinsystem. *(Förslag ansvariga: Tekniska högskolor, KTH, Chalmers, LTH, LiTH, forskningsinstitut RISE, Vinnova Energiforsk och ledande energibolag)*
- Ett starkare ledarskap bör tas inom programhantering, vilket börjar i utvecklingsfasen men sträcker sig över hela värdekedjan och projektet. *(Förslag ansvariga: Klimat- och näringslivsdepartementet)*
- Byggnationsprocessen bör användas som en sysselsättningsmotor: maximera det inhemska deltagandet i anläggningsarbeten för att skapa sysselsättning. *(Förslag ansvariga: Svenska byggföretag, till exempel NCC, Skanska, Peab)*
- Slutligen bör långsiktiga serviceavtal säkras med utrustningstillverkare – särskilt för turbinsystem och balanssystem – för att säkra inhemskt innehåll och investeringar. *(Förslag ansvariga: Svenska Nivå 0 – Energibolag, Vattenfall, Uniper)*

Referenser

- 1 Rolls-Royce SMR. 'The Rolls-Royce Small Modular Reactor.' <https://www.rolls-royce-smr.com/>
- 2 NuScale Power. VOYGR™ SMR Plants <https://www.nuscalepower.com/>
- 3 Swedish Radiation Safety Authority. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/en/>
- 4 Vattenfall. Nuclear Power <https://group.vattenfall.com/what-we-do/our-energy-sources/nuclear-power>
- 5 Vattenfall takes the next step for new nuclear power at Ringhals in Sweden, <https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2024/vattenfall-takes-the-next-step-for-new-nuclear-power-at-ringhals-in-sweden>
- 6 GE Hitachi Nuclear Energy. 'BWRX-300 Small Modular Reactor Technology.' <https://nuclear.gepower.com/products/small-modular-reactors/bwrx-300>
- 7 <https://www.steadyenergy.com/news-article/steady-energy-is-set-to-start-construction-of-its-first-small-modular-nuclear-smr-pilot-plant-in-finland-next-year>
- 8 Steady Energy is set to start construction of its first ... - Steady Energy, <https://www.world-nuclear-news.org/articles/steady-energy,-kuopion-energy-enhance-cooperation>
- 9 Helen and Steady Energy aim to introduce nuclear heat production in Finland, <https://www.steadyenergy.com/news-article/helen-and-steady-energy-aim-to-introduce-nuclear-heat-production-in-finland>
- 10 Fortum. 'Nuclear Services.' Nuclear | Fortum
- 11 Fortum continues preparations for nuclear new-build - World Nuclear News, <https://www.world-nuclear-news.org/articles/fortum-continues-preparations-for-nuclear-new-build>
- 12 EDF. 'Our Nuclear Expertise.' Design and construction | EDF FR
- 13 Hyundai E&C. 'Nuclear Plant Projects.' Hyundai E&C
- 14 Fortum vill fortsätta utveckla ny kärnkraft, <https://www.energi.se/artiklar/2025/mars-25/fortum-vill-fortsatta-utveckla-ny-karnkraft/>
- 15 Fortum continues preparations for nuclear new-build, <https://www.world-nuclear-news.org/articles/fortum-continues-preparations-for-nuclear-new-build>
- 16 Norsk Kjernekraft. 'Small Modular Reactor (SMR) Development. Proposal for Norwegian SMR power plant progresses - World Nuclear News
- 17 Blykalla. Our Technology – SEALER: <https://blykalla.com/technology>
- 18 Blykalla and Norsk Kjernekraft sign MoU to advance nuclear power in Scandinavia, <https://www.blykalla.com/post/blykalla-and-norsk-kjernekraft-sign-memorandum-of-understanding-to-advance-nuclear-power-in-scandinavia>
- 19 Fortum vill fortsätta utveckla ny kärnkraft, <https://www.energi.se/artiklar/2025/mars-25/fortum-vill-fortsatta-utveckla-ny-karnkraft/>
- 20 Kärnfull Next: Kärnfull Next | Vi skapar ny nordisk kärnkraft
- 21 Nuclear Company Chooses Studsvik Site For 'Small Modular Reactor Campus', <https://www.nucnet.org/news/nuclear-company-chooses-studsvik-site-for-small-modular-reactor-campus-8-5-2023>
- 22 Licensing & Planning, <https://ess.eu/building-project/licensing-planning>
- 23 Regeringskanslet, Remiss av SOU 2025:7 Ny kärnkraft i Sverige – effektivare tillståndsprövning och ändamålsenliga avgifter
- 24 Rosatom.Nuclear Power Plants Construction Projects Rosatom State Atomic Energy Corporation ROSATOM global leader in nuclear technologies nuclear energy
- 25 Doosan Enerbility. Nuclear Power Plants. Large-Scale Nuclear Components/ MMIS : Nuclear Power Plants : Power Plant Equipment / Services : Doosan Enerbility
- 26 AFRY. Nuclear Energy Services. Nuclear Energy consultants | AFRY
- 27 ABB Sweden – 'Symphony Plus Automation Systems for Power Plants.' Symphony Plus | Control Systems | ABB; ABB Condenser
- 28 Studsvik. Nuclear Analysis and Fuel Modelling. Key Offerings - Studsvik
- 29 Bouygues Construction. 'Nuclear Projects.' Bouygues Travaux Publics - EXPERTISE - Nucléaire - Nuclear expertise
- 30 Danfoss. 'HVAC Controls and Building Energy Solutions.' <https://www.danfoss.com/>
- 31 Elajo. 'Electrical Installations and Automation.' <https://www.elajo.se/>
- 32 Amokabel – 'Cables for Power Distribution' <https://www.amokabel.com/>
- 33 Roxtec. 'Modular Cable and Pipe Sealing Solutions.' <https://www.roxtec.com/>
- 34 Tensor AB. 'Industrial Fastening Systems.' <https://www.tensor.se/>
- 35 Framatome. Nuclear Products and Services. About Framatome - Framatome
- 36 Nuclear Power in the European Union, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/european-union>
- 37 Dutch initiative to boost nuclear workforce, World Nuclear News
- 38 Destination Nuclear
- 39 Financing new nuclear in Sweden, Financing new nuclear in Sweden - an EY report
- 40 Atlas Copco – 'Industrial Air Compressors and Pumps.' <https://www.atlascopco.com/en-uk/compressors>
- 41 Interview held, 14th May 2025
- 42 AFRY. Nuclear Energy Services. Nuclear Energy consultants | AFRY
- 43 Sweco. Nuclear Engineering Services Sweco Group - Portfolio
- 44 WSP Sweden – 'Energy and Power Systems Engineering' <https://www.wsp.com/en-SE/services/energy>
- 45 TVO. TVO - Plant units
- 46 DNV. 'Nuclear Services and Risk Assurance.' DNV Business Assurance
- 47 Uniper. Swedish Nuclear Operations: Nuclear power | Uniper
- 48 Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company.: <https://skb.se/>
- 49 KSU, Nuclear Training and Safety Centre: <https://ksu.se/>

-
- 50 Valmet. Automation for the Nuclear Industry. Distributed control systems (DCS)
 - 51 Valmet – 'Automation Systems for Energy and Power Industries.' Energy solutions
 - 52 China General Nuclear. 'Hualong One Technology. CGNP
 - 53 Mitsubishi Heavy Industries. 'Nuclear Energy Systems.' Available at: Mitsubishi Nuclear Energy Systems, Inc.
 - 54 Candu Energy Inc. Nuclear Solutions. The Canadian Nuclear Energy Technology - Natural Resources Canada
 - 55 EDF, 'Our reactor portfolio – EPR: proven and robust technology for high-energy demand'. EDF, Czech Republic
 - 56 Westinghouse Electric Company, 'Westinghouse Unveils Game-Changing AP300™ Small Modular Reactor for Mid-Sized Nuclear Technology'
 - 57 Rolls Royce SMR Ltd, 'Our Technology – factory-built 470 Mwe pressurised-water SMR'
 - 58 GE Hitachi Nuclear Energy, 'BWRX-300 Small Modular Reactor: Innovative, simplified and cost-competitive'
 - 59 Skanska. 'Our Markets – Power and Industrial Projects.' Who we are | Skanska - Global corporate website
 - 60 NCC. 'About Us.' Energy Production | NCC
 - 61 Bechtel. 'Nuclear Power.' Nuclear Power - Bechtel
 - 62 Veidekke. 'Industrial Construction.' <https://www.neimagazine.com/news/veidekke-to-build-cooling-water-intake-at-oskarshamn/>
 - 63 Peab. 'Peab in Brief.' Our business - Peab
 - 64 Bilfinger SE. 'Industrial Services for the Energy Sector.' Bilfinger SE: Industrial Services | Industrial Services: Bilfinger
 - 65 Hyundai Engineering & Construction. 'Barakah Nuclear Power Plant Project.' <https://en.hdec.kr/>
 - 66 Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company.: <https://skb.se/>
 - 67 Blykalla. Our Technology – SEALER: <https://blykalla.com/technology>
 - 68 Teollisuuden Voima Oyj (TVO). 'Regular electricity production has started at Olkiluoto 3 EPR'
 - 69 Veidekke. 'Civil engineering and infrastructure'
 - 70 Bouygues Travaux Publics (Bouygues Construction). 'Hinkley Point C'
 - 71 Bechtel. 'Nuclear Power Markets Overview'
 - 72 Hyundai Engineering & Construction, 'Nuclear Power Plants'
 - 73 Alleima. 'Nuclear Tubing Solutions.' <https://www.alleima.com/en/industries/nuclear/>
 - 74 Oden Control AB. 'Industrial Automation and Valve Control Systems.' <https://www.odenccontrol.se/>
 - 75 Oden Control AB. 'Valve and Actuator Technology. Oden Control
 - 76 YIT. Construction Services for Energy and Industry. About YIT | The leading construction and development company | YITGROUP.COM
 - 77 JSW – RPV - Business & Products | The Japan Steel Works, LTD. Japan Steel Works M&E, Inc-Products & Technologies
 - 78 Curtiss-Wright Nuclear. 'Reactor Coolant Pumps and Nuclear Systems.' <https://www.cwnuclear.com/>
 - 79 KSB. 'Pumps and Valves for Nuclear Power Plants.' Innovative solutions for energy applications | KSB
 - 80 Wärtsilä – 'Energy Solutions Overview.' <https://www.wartsila.com/energy>
 - 81 Alstom (legacy, now part of GE Steam Power) – Microsoft Word - PIM130C1_GE-Alstom Steam Turbines.DOC
 - 82 Munters. 'Heat Exchangers & Climate Control.' <https://www.munters.com/en/munters/products/heat-exchangers/>
 - 83 Camfil. 'Clean Air Solutions.' <https://www.camfil.com/>
 - 84 Systemair. 'Ventilation Products.' <https://www.systemair.com/>
 - 85 FläktGroup. 'HVAC for Critical Environments.' <https://www.flaktgroup.com/>
 - 86 Backer. 'Heating Elements and Systems.' <https://www.backer.eu/>
 - 87 Grundfos. 'Pumps for Industrial Water Handling.' <https://www.grundfos.com/>
 - 88 BHEL. 'Nuclear EPC Equipment Portfolio.' <https://www.bhel.com/products-and-services/nuclear>
 - 89 SPX Flow. 'Thermal Solutions and Heat Exchangers.' Plate Heat Exchangers
 - 90 Flowserve. 'Nuclear Pumps and Sealing Solutions.' Nuclear | Industry Solutions & Systems | Flowserve
 - 91 Carrier. 'HVAC Solutions for Critical Environments.' <https://www.carrier.com/residential/en/us/products/heating-cooling/hvac-system-and-hvac-unit/>
 - 92 Johnson Controls. 'Building Solutions for Nuclear Facilities.' HVAC Equipment | Johnson Controls
 - 93 Schneider Electric. 'EcoStruxure for Power and Grid Systems.' <https://www.se.com/ww/en/work/solutions/for-business/electric-utilities/>
 - 94 Honeywell Process. 'Experion PKS for Power Generation.' Solutions
 - 95 Emerson. 'Automation for Nuclear and Energy Applications.' Nuclear Power Generation | Emerson SE
 - 96 Nord-Lock Group. 'Bolt Securing Systems.' <https://www.nord-lock.com/>
 - 97 NKT Sweden – 'High Voltage Cable Systems for Power Grids' <https://www.nkt.com/>
 - 98 Habia Cable – 'Cables for Nuclear and Harsh Environments' <https://www.habia.com/>
 - 99 Holtab – 'Switchgear and Substation Solutions' <https://www.holtab.se/>
 - 100 GE Grid Solutions – 'Grid Automation and Transformer Solutions' <https://www.gegridsolutions.com/>
 - 101 Prysmian Group Sweden – 'High Voltage Cable Systems' <https://se.prysmiangroup.com/>
 - 102 Nexans – 'Transmission Systems and Nuclear Grid Integration' <https://www.nexans.com/>
 - 103 LS Cable & System – 'High-Voltage Cable Systems' <https://www.lscns.com/>
 - 104 World Nuclear Association, 'Nuclear Power in Sweden', <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/sweden>
 - 105 Vattenfall, Vattenfall takes the next step for new nuclear power at Ringhals in Sweden, <https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2024/vattenfall-takes-the-next-step-for-new-nuclear-power-at-ringhals-in-sweden>
 - 106 World Nuclear News, Fortum continues preparations for nuclear new-build, <https://www.world-nuclear-news.org/articles/fortum-continues-preparations-for-nuclear-new-build?utm>
 - 107 World Nuclear News, Pilot non-nuclear SMR plant to be built in Finnish coal-fired plant, <https://world-nuclear-news.org/articles/pilot-smr-plant-to-be-built-in-finnish-coal-fired-plant>

108 Enerdata, Fermi Energia plans to develop a 600 MW nuclear power plant in Estonia, <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/fermi-energia-plans-develop-600-mw-nuclear-power-plant-estonia.html>

109 S&P Global, Norwegian government moves ahead with potential commercial nuclear project, <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/electric-power/040925-norwegian-government-moves-ahead-with-potential-commercial-nuclear-project>