



Utredningsrapport

Datum: 2018-09-20

Diarienumr.: SSM2017-134

Dokumentnr.: SSM2017-134-23

Ansvarig utredare: Anneli Hällgren

Fastställd av: Mats Persson

Grunden för en långsiktig kompetensförsörjning inom strålsäkerhetsområdet

Sammanfattning

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har på uppdrag av regeringen utrett förutsättningarna för att upprätthålla en nationell kompetens inom myndighetens ansvarsområde, inom den egna myndigheten såväl som hos övriga relevanta aktörer i Sverige. SSM har genom informationskartläggning och utblickar framåt i tiden skapat en lägesbild över kompetensförsörjningsbehov och -möjligheter inom strålsäkerhetsområdet. Lägesbilden har tagits fram i samverkan med industri, lärosäten och andra berörda aktörer, och utgår från perspektiven tillståndshavarnas och SSM:s behov av kompetens, lärosätenas utbildningar samt lärosätenas möjligheter att upprätthålla vetenskaplig expertis. Myndigheten har därefter analyserat lägesbilden och identifierat brister i kompetensförsörjningen. Myndigheten har också identifierat forsknings- och utbildningsfinansiärer inom området, och föreslår sätt att samverka kring kommande satsningar. Utifrån analysen och de framkomna bristerna föreslår SSM åtgärder för att Sverige ska ha tillgång till rätt kompetens inom strålsäkerhetsområdet utifrån de behov som framkommit under utredningen, såväl dagens som morgondagens.

Sammanfattande analys

SSM konstaterar att det nationella kompetensförsörjningssystemet inom strålsäkerhetsområdet behöver stärkas, såväl för att möta dagens behov av kompetens som för att täcka behoven under kommande år. En av de mer avgörande anledningarna till sårbarheten i kompetensförsörjningssystemet är att ett antal samhällskritiska forskningsområden i dag är underfinansierade. Detta har flera anledningar, exempelvis:

- Delar av forskningen inom strålsäkerhetsområdet bedöms av exempelvis Vetenskapsrådet, en av de stora nationella forskningsfinansiärerna, inte vara vetenskapligt intressant och har därför svårt att få finansiering från det nationella forskningsfinansieringssystemet.
- Vissa strålskyddskompetenser behövs vid exempelvis större olyckor, men efterfrågas däremot inte i större omfattning i arbetsgivarnas vardag. Det gör att sådan forskning får svårt att hitta finansiärer och att studenter inte uppfattar kunskapsområdet som attraktivt.
- Kärnkraftsindustrin har varit finansiellt pressad och har minskat sina ramar för stöd till kärnteknisk forskning.

Strålsäkerhetsmyndigheten

Swedish Radiation Safety Authority



Därutöver saknas det incitament för de statliga forskningsfinansiärerna att samverka kring satsningar för att upprätthålla livskraftiga forskningsmiljöer inom strålsäkerhetsområdena.

De nationella trenderna med vikande intresse för ingenjörsutbildningar och landstingens svårigheter att rekrytera till vårdrelaterade yrken påverkar även studenttillströmningen till de strålsäkerhetsrelaterade utbildningarna. SSM bedömer att industrins beslut om att lägga ned fyra reaktorer också har påverkat intresset för att utbilda sig inom det kärntekniska området, med vikande tillströmning till de kärntekniska utbildningsprogrammen som följd. Två av tre kärntekniska program ges därför inte för närvarande. Parallellt har energiöverenskommelsen slutits och medför stabila politiska förutsättningar för kärnkraftsindustrin, vilket innebär att branschen behöver långsiktig kompetensförsörjning för säker drift av de återstående reaktorer.

Med svag forskningsfinansiering och svag studenttillströmning har lärosätena svårt att bibehålla de program och utbildningar som fortsatt behöver finnas givet de strålningsrelaterade verksamheter som bedrivs i Sverige och i kringliggande länder, och de risker verksamheterna medför. På motsvarande sätt som det saknas incitament för att stärka underfinansierade forskningsmiljöer, saknas det styr signaler till lärosätena att upprätthålla forskning och utbildningar som är nödvändiga för att Sverige ska kunna upprätthålla en god strålsäkerhet och leva upp till sina internationella åtaganden inom området.

Men det räcker inte med forsknings- och utbildningsinsatser för att etablera ett långsiktigt hållbart kompetensförsörjningssystem på strålsäkerhetsområdet. För att studenter och doktorander ska söka sig till ett område, krävs också att det finns goda framtidsutsikter vad gäller anställning. En enskild komponent i kompetensförsörjningssystemet som fungerar jämförelsevis bra är vidareutbildningen för yrkesarbetande inom strålsäkerhetsområdet. Det förtar emellertid inte behovet av att kompetensförsörjningssystemet med akademiska forsknings- och utbildningsinsatser måste fungera.

SSM:s utredning visar även på de problem som följer av att det i dag inte finns en enhetlig strålsäkerhetsbransch, och att kompetensförsörjningssystemet inom de strålningsrelaterade områdena därmed inte enkelt låter sig överblickas eller styras. För att påverka kompetensutvecklingen inom strålsäkerhetsområdet krävs därför involvering av flera olika aktörer. Ytterligare en utmaning är att strålsäkerhetsperspektivet utgör endast en del av verksamhetsutövarnas ansvarsområden, vid sidan av till exempel elproduktion eller medicinsk verksamhet. Sett ur den aspekten kan strålsäkerhetsfrågor i viss mån konkurrera med verksamhetsutövarnas andra mål och kravbilder (arbetsmiljö, vinstkrav etc.). Ett annat sätt att belysa problematiken är att de strålningsrelaterade kunskapsområdena inte bara är egna grenar i de grundläggande vetenskaperna med flera tvärvetenskapliga kopplingar, de kategoriseras dessutom ofta in i olika tekniska och naturvetenskapliga grundvetenskaper. Exempelvis hör kärnteknik till fysik och teknikvetenskaperna, strålningsbiologi sorteras inom biologin, dosimetri inom medicin etc. Matchningen är också komplex mellan de verksamheter som behöver kompetens (kärnteknisk verksamhet, medicinsk verksamhet samt övriga verksamheter som t.ex. industri eller veterinärverksamhet) och de kompetenser som behövs (exempelvis reaktor fysik, radioekologi och strålningsbiologi).

Myndighetens bedömning är därför att kompetensförsörjningssystemet för strålsäkerhetsområdet behöver förstärkas enligt följande:

- En övergripande nationell strategi och samordning behövs för ökad effektivitet i kompetensförsörjningssystemet.



- Ökad finansiering till den kritiska kärna av forskningsmiljöer som behövs för att upprätthålla kompetensförsörjningssystemet och säkerställa de behov som finns i Sverige givet de strålningsrelaterade verksamheter som bedrivs i landet och i vår omvärld, i dag och under kommande år. Dagens bristande finansiering till dessa forskningsmiljöer har gjort den delen av kompetensförsörjningssystemet alltför sårbar och personberoende.
- Formaliserad samverkan mellan aktörerna inom den statliga forskningsfinansieringen för att garantera att relevanta forskningsmiljöer enligt ovan upprätthålls.
- Säkerställande av att för samhället kritiska utbildningar inom strålsäkerhetsområdet kan bedrivas, och att innehållet i strålningsrelaterade utbildningar målsätts i de fall detta är aktuellt, samt kvalitetssäkras.
- Kampanjer och informationsinsatser från flera aktörer för att attrahera studenter att välja strålsäkerhetsrelaterade utbildningar och yrken.

Sammanfattning av åtgärdsförslag till regeringen

Utifrån den analys som SSM har genomfört, föreslår myndigheten att regeringen genomför följande åtgärder:

Nationell samverkan och samordnad styrning

För att kompetensförsörjningssystemet inom strålsäkerhetsområdet enklare ska kunna styras, behöver frågan hanteras på ett mer strategiskt och samordnat sätt än i dag. Bland annat behöver centrala aktörer agera samlat i frågan.

Åtgärder

För att förbättra samverkan och styrning av kompetensförsörjningen föreslår SSM att regeringen:

1. inrättar ett särskilt kapitel för strålsäkerhetsområdet i den återkommande forskningspropositionen.
2. ger SSM i uppdrag att ta fram och upprätthålla en nationell kompetensförsörjningsstrategi. Detta bör framgå av myndighetens instruktion.
3. ger SSM och de statliga forskningsråden i uppgift att samverka kring fördelning av medel och gemensamma strategier inom den strålningsrelaterade forskningen. Samverkan bör framgå av myndigheternas instruktioner eller regleringsbrev.

Förstärkt finansiering till kritiska forskningsområden

En kritisk kärna av forskningsområden behöver finansieras för att säkerställa att det finns en nationell miniminivå av vetenskaplig expertis med kompetens för de verksamheter med strålning som bedrivs i Sverige, och med kapacitet att utbilda studenter till nyckelbefattningar i olika sektorer. SSM ser behov av att sex forskningsområden säkerställs:

- Kärnkraftteknik, inklusive reaktorfysik, termohydraulik och kärndata
- Svåra haverier och kärnkemi
- Kärnämneskontroll och icke-spridning
- Strålningsbiologi
- Radioekologi
- Strålskyddsdosimetri

Åtgärder



Delar av myndighetens forskningsanslag används redan i detta syfte, men för att områdena inte fortsatt ska vara underfinansierade föreslår SSM att regeringen:

1. tillför SSM:s forskningsanslag 24 miljoner kronor så att myndighetens totala forskningsanslag därmed uppgår till 100 miljoner kronor.

Totalförsvarets kompetensbehov

Behov av strålskyddskompetens med anledning av det skärpta säkerhetspolitiska läget har inte innefattats i denna utredning. SSM föreslår därför att regeringen ger myndigheten i uppdrag att, i samverkan med övriga berörda myndigheter, utreda vilken strålsäkerhetskompetens som behövs i totalförvarsplaneringen och vid höjd beredskap, och vid behov också ge förslag på hur kompetensbehovet ska kunna tillgodoses. Ett sådant uppdrag kan exempelvis ges som ett särskilt regeringsuppdrag eller som en del i det årliga regleringsbrevsuppdraget om civilt försvar.

Åtgärder

1. SSM föreslår att regeringen ger myndigheten i uppdrag att i samverkan med övriga berörda myndigheter utreda vilken strålsäkerhetskompetens som behövs i totalförvarsplaneringen och vid höjd beredskap.

Samhällsinformation om arbeten och kompetenser inom strålsäkerhetsområdet

Ansökningarna till kärntekniska utbildningar har minskat vilket har medfört att två av tre program inte längre ges. Utredningens datainsamling ger vid handen att de strålningsrelaterade kompetenserna utmålas som kommande bristyrken inom de medicinska utbildningarna.

Åtgärder

För att öka attraktionskraften och locka studenter till strålningsrelaterade utbildningar och i förlängningen verksamheter, föreslår SSM att regeringen:

1. ger SSM medel för att långsiktigt och systematiskt informera om bredden av yrkesmöjligheter inom de strålningsrelaterade verksamheter som bedrivs i landet.

Inom ramen för utredningen ges senare i sammanfattningen också en rekommendation till tillståndshavarna på samma tema.

Säkerställt utbud av samhällsviktiga utbildningar

Givet de strålningsrelaterade verksamheter som bedrivs i Sverige, behöver ett visst utbildningsutbud finnas för att förse verksamheterna med kompetens. I dag finns inga incitament för lärosätena att upprätthålla dessa utbildningar inom strålningsområdet när studentunderlaget sviktar.

Åtgärder

I syfte att säkerställa utbudet av samhällsviktiga utbildningar inom strålsäkerhetsområdet, föreslår myndigheten att regeringen:

1. uppdrar till SSM att ytterligare utreda vilka utbildningar som behöver säkerställas och på vilka lärosäten, samt att ge förslag på ändringar i berörda lärosätenas instruktioner.
2. efter ovan föreslagna utredning lägger uppdrag på lärosätena att upprätthålla utbildningar som är samhällsviktiga kopplat till strålsäkerheten i Sverige. Detta kan förslagsvis ske genom lärosätenas instruktioner.



Kvalitetssäkrat innehåll i vårdens strålningsrelaterade utbildningar

Ansvarsfördelningen mellan olika myndigheter, inklusive lärosäten, behöver förtydligas vad gäller innehållet i utbildningar för yrkesgrupper som innefattar strålning. Eventuellt behöver också vissa delar kvalitetssäkras och utvecklas.

Åtgärder

För att förtydliga ansvarsfördelningen samt kvalitetssäkra innehållet i vårdens strålningsrelaterade utbildningar, föreslår myndigheten följande åtgärder:

1. Att regeringen ger Socialstyrelsen i uppdrag att granska ansvarsfördelningen mellan myndigheter, inklusive lärosäten, vad gäller innehållet i utbildningar som innefattar strålningskompetens.
2. Att regeringen efter föreslagen utredning ger ansvarig myndighet i uppdrag att utveckla samverkan för kvalitetssäkringen av strålningsrelaterade inslag i vårdens utbildningar.
3. Att examensbeskrivningar i Högskoleförordning (1993:100) för läkare och tandläkare kompletteras med lärandemål som rör medicinska bestrålningar.

Åtgärder SSM avser att vidta

Samverkansplattform för diskussioner med centrala aktörer

I syfte att förbättra samverkan mellan centrala aktörer inom strålsäkerhetsområdet, avser SSM att i en samverkansplattform kontinuerligt samla aktörerna för aktuella och relevanta diskussioner¹.

Åtgärder

SSM avser att:

- årligen sammanställa läget i kompetensförsörjningssystemet och återrapportera till regeringen och samverkansplattformen.
- i samverkansplattformen diskutera remissvar till den forskningsstrategiska propositionen.
- i samverkansplattformen föra dialog om den nationella kompetensförsörjningsstrategin.

SSM diskuterar också att återuppta myndighetens deltagande i Svenskt kärntekniskt centrum (SKC), ett centrum som syftar till att stödja utbildning, forskning och utveckling inom discipliner med kärnteknisk tillämpning vid Kungliga Tekniska högskolan, Chalmers tekniska högskola samt Uppsala Universitet.

Vid sidan av samverkansplattformen avser SSM också att inleda dialog med Energimyndigheten om möjligheten att med denna myndighets forskningsbudget finansiera kärnteknisk forskning.

Standardisering för att förbättra arbetsmarknadens funktion

Arbetsmarknaden inom strålsäkerhetsområdet har – de legitimerade vårdutbildningarna undantagna – en låg grad av standardisering vad gäller titlar och kompetensnivåer. Att titlar och kompetenser i någon utsträckning standardiseras kan öka arbetstagares anställningsbarhet och förtydliga för studenter den bredd av yrkesmöjligheter som rymms inom de strålningsrelaterade verksamheterna.

¹ SSM kommer initialt att kalla den referensgrupp som bidragit inom ramen för regeringsuppdraget, och komplettera gruppen allteftersom ytterligare relevanta aktörer anmäler sitt intresse.



Åtgärder

1. SSM avser lyfta frågan för diskussion inom samverkansplattformen och för att vid behov återkomma till regeringen med förslag till nästa steg.

Rekommendation till tillståndshavare med kompetensbehov

Ansökningarna till strålningsrelaterade program inom de kärntekniska utbildningarna har minskat och två av tre utbildningsprogram ges inte längre. SSM:s bedömning är att det beror på att kärnkraftsindustrin har skildrats som en nedläggningsverksamhet som därmed tappat sin attraktionskraft. Här har kärnkraftsindustrin en utmaning i att kommunicera bilden av en industri som behöver kompetens under den tid som man planerar att driva de kvarvarande reaktorerna parallellt med avvecklingen av de reaktorer som tas ur drift.

De interna möjligheterna till vidareutbildning, kompetensöverföring och kunskapsfördjupning inom ramen för ordinarie arbetsuppgifter utgör en väsentlig del av kärnkraftsindustrins kompetensförsörjning och arbetsgivaren behöver fortsätta och utveckla denna inriktning. Dessa möjligheter kan också uppfattas som attraktiva i sig för den som planerar söka sig till kärnkraftsindustrin eller kärntekniska utbildningar.

Rekommendationer

Inom ramen för utredningen ges därför också en rekommendation till tillståndshavarna med strålningsrelaterade kompetensbehov inom den kärntekniska branschen:

1. att tillståndshavare genomför kampanjer för att öka branschens attraktionskraft
2. att tillståndshavare fortsätter och utvecklar möjligheterna för berörda medarbetare att bibehålla och utveckla djup kompetens om specifika anläggningar.



Förslag till författningsändringar

Förslag till ändringar av SSM:s instruktion

Föreslås att SSM i sin instruktion får i uppdrag att ta fram och upprätthålla en nationell kompetensförsörjningsstrategi och ansvara för samverkan med andra nationella forskningsfinansiärer genom följande skrivelse:

<i>Nuvarande formulering</i>	<i>Ny formulering</i>
<p>6 § Strålsäkerhetsmyndigheten ska bidra till att nationell kompetens för dagens och framtidens behov utvecklas inom myndighetens verksamhetsområde. Myndigheten ska därför ta initiativ till forskning, utbildning och studier samt bedriva omvärldsanalys och utvecklingsverksamhet.</p> <p>Myndigheten ska vidare genomföra beräkningar och mätningar samt ta fram underlag för bedömningar inom strålskyddsområdet och upprätthålla kompetens för att kunna förutse och möta framtida frågor.</p>	<p>6 § Strålsäkerhetsmyndigheten ska bidra till att nationell kompetens för dagens och framtidens behov utvecklas inom myndighetens verksamhetsområde. Myndigheten ska i detta syfte ta fram och upprätthålla en nationell strategi för kompetensförsörjning. Myndigheten ska också ta initiativ till forskning, utbildning och studier, bedriva omvärldsanalys och utvecklingsverksamhet, samverka med andra finansiärer samt kontinuerligt följa kompetensförsörjningssystemets kapacitet.</p> <p>Myndigheten ska vidare genomföra beräkningar och mätningar samt ta fram underlag för bedömningar inom strålskyddsområdet och upprätthålla kompetens för att kunna förutse och möta framtida frågor.</p>

Förslag på ändringar i instruktionerna för forskningsråden

Regeringen föreslås ge SSM och de statliga forskningsråden i uppgift att samverka kring fördelning av medel och gemensamma strategier inom den strålningsrelaterade forskningen. Denna utredning föreslår att samverkan mellan forskningsfinansiärer inom strålsäkerhetsområdet institutionaliseras i instruktionerna eller regleringsbrev, förslag på formulering finns nedan:

<i>Nuvarande formulering</i>	<i>Ny formulering</i>
	<p>[Forskningsrådet] ska särskilt samverka med Strålsäkerhetsmyndigheten i syfte att säkerställa och effektivisera det nationella kompetensförsörjningssystemet inom strålsäkerhetsområdet.</p>

Förslag på ändringar av högskoleförordningens examensbeskrivningar

Föreslås att högskoleförordningens examensbeskrivningar för läkare och tandläkare kompletteras med lärandemål som rör medicinska bestrålningar.



<i>Nuvarande formulering</i>	<i>Ny formulering</i>
<p>Läkarexamen Kunskap och förståelse För läkarexamen ska studenten</p> <ul style="list-style-type: none">– visa kunskap om områdets vetenskapliga grund och insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete samt kunskap om sambandet mellan vetenskap och beprövad erfarenhet och sambandets betydelse för yrkesutövningen,– visa såväl bred som fördjupad kunskap inom det medicinska området inbegripet kunskap om och förståelse för förhållanden i samhället som påverkar hälsan för olika grupper och individer, såväl barn som kvinnor och män,– visa kunskap om mäns våld mot kvinnor och våld i nära relationer,– visa kunskap om ekonomi och organisation som är av betydelse för hälso- och sjukvården, och– visa kunskap om relevanta författningar.	<p>Läkarexamen Kunskap och förståelse För läkarexamen ska studenten</p> <ul style="list-style-type: none">– visa kunskap om områdets vetenskapliga grund och insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete samt kunskap om sambandet mellan vetenskap och beprövad erfarenhet och sambandets betydelse för yrkesutövningen,– visa såväl bred som fördjupad kunskap inom det medicinska området inbegripet kunskap om och förståelse för förhållanden i samhället som påverkar hälsan för olika grupper och individer, såväl barn som kvinnor och män,– visa kunskap om mäns våld mot kvinnor och våld i nära relationer,– <i>visa kunskap om och förståelse för strålning och strålskydd som är av betydelse för medicinsk verksamhet med joniserande strålning,</i>– visa kunskap om ekonomi och organisation som är av betydelse för hälso- och sjukvården, och– visa kunskap om relevanta författningar.
<p>Tandläkarexamen Kunskap och förståelse För tandläkarexamen ska studenten</p> <ul style="list-style-type: none">– visa kunskap om områdets vetenskapliga grund och insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete samt kunskap om sambandet mellan vetenskap och beprövad erfarenhet och sambandets betydelse för yrkesutövningen,– visa fördjupad kunskap om och förståelse för sambandet mellan patientens orala hälsotillstånd och hans eller hennes allmänna hälsotillstånd och medicinska tillstånd samt andra bakomliggande faktorer,– visa kunskap om mäns våld mot kvinnor och våld i nära relationer,– visa kunskap om och förståelse för produkter och material som används inom tandvården och deras påverkan på allmänhälsa, munhälsa och miljö,– visa kunskap om ekonomi och organisation som är av betydelse för tandvården, och– visa kunskap om relevanta författningar	<p>Tandläkarexamen Kunskap och förståelse För tandläkarexamen ska studenten</p> <ul style="list-style-type: none">– visa kunskap om områdets vetenskapliga grund och insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete samt kunskap om sambandet mellan vetenskap och beprövad erfarenhet och sambandets betydelse för yrkesutövningen,– visa fördjupad kunskap om och förståelse för sambandet mellan patientens orala hälsotillstånd och hans eller hennes allmänna hälsotillstånd och medicinska tillstånd samt andra bakomliggande faktorer,– visa kunskap om mäns våld mot kvinnor och våld i nära relationer,– visa kunskap om och förståelse för produkter och material som används inom tandvården och deras påverkan på allmänhälsa, munhälsa och miljö,– <i>visa kunskap om och förståelse för strålning och strålskydd som är av betydelse för odontologisk radiologisk verksamhet,</i>



	<ul style="list-style-type: none">– visa kunskap om ekonomi och organisation som är av betydelse för tandvården, och– visa kunskap om relevanta författningar
--	--



Innehållsförteckning

1.	Inledning	12
1.1.	Introduktion	12
1.2.	Organisation och genomförande av arbetet	14
1.3.	Remisshantering.....	15
1.4.	Avgränsningar.....	15
2.	Internationella krav och förväntningar.....	17
2.1.	IRRS-granskningen av Sverige.....	17
3.	Tidigare utredningar	19
3.1.	Nationell kompetens inom strålskyddsområdet	19
3.2.	Nationell kompetens inom kärnsäkerhetsområdet (2015)	20
3.3.	Kompetensläge för ett strålsäkert samhälle (2011).....	20
3.4.	Det strategiska kompetensbehovet inom strålskyddet i Sverige - översikt och förslag (2006).....	21
3.5.	Kärnkraftverkens säkerhet och strålskydd (2003)	21
3.6.	Fortsatt aktuella åtgärder.....	22
4.	Förändringar inom strålsäkerhetsområdet.....	23
4.1.	Kärnteknisk verksamhet	23
4.2.	Medicinsk verksamhet med strålning	24
4.3.	Övrig verksamhet med strålning.....	25
4.4.	Icke-joniserande strålning.....	26
4.5.	Samhälleliga förändringar.....	27
5.	Kompetensbehov hos arbetsgivare	29
5.1.	Kärnteknisk verksamhet	29
5.2.	Medicinsk verksamhet	30
5.3.	Övriga strålningsverksamheter	31
5.4.	Strålsäkerhetsmyndigheten	32
6.	Lärosätenas utbildningar	33
6.1.	Kärnteknik	33
6.2.	Medicinska vetenskaper.....	34
6.3.	Övriga strålningsvetenskaper.....	35
7.	Samhällets behov av vetenskaplig expertis.....	36
7.1.	Kärnteknisk forskning.....	36
7.2.	Medicinska och övriga strålningsvetenskaper	37
8.	Analys	38
8.1.	Övergripande brister	38
8.2.	Kompetensbehov hos arbetsgivare	38



8.3.	Lärosätenas utbildningar	39
8.4.	Vetenskaplig expertis.....	40
9.	Förslag till åtgärder	44
9.1.	Förslag till regering och departement	44
9.2.	Åtgärder som SSM avser att genomföra	48
9.3.	Rekommendation till arbetsgivare med kompetensbehov	49
	Referenser	51
	Bilaga 1 – Deltagare	52
	Bilaga 2 – Förkortningar och begrepp	54
	Bilaga 3 – Forskargrupper och utbildningar inom strålsäkerhetsområdet	58
	Universitet och Högskolor inom kärnkraftsområdet.....	58
	Universitet och Högskolor inom strålningsvetenskaper	60
	Vidareutbildning	62
	Bilaga 4 – Enkätundersökning.....	63
	Kärnteknisk industri.....	63
	Medicins verksamhet med strålning	67
	Tandvård och veterinärvård	69
	Övriga tillståndshavare och anmälningspliktiga	70



1. Inledning

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) fick den 22 december 2016 ett regeringsuppdrag om långsiktig kompetensförsörjning [1], med den 30 september 2018 som senaste rapporteringsdatum. Myndigheten uppdrogs att:

”[...]utreda förutsättningarna för att upprätthålla en nationell kompetens inom myndighetens ansvarsområde, inom den egna myndigheten såväl som hos andra relevanta aktörer. Myndigheten ska kartlägga den nuvarande kompetensförsörjningen och analysera den framtida utvecklingen samt identifiera de områden där kompetensbrist föreligger eller riskerar att uppstå. Myndigheten ska även identifiera aktörer som finansierar forskning och utbildning inom relevanta områden, för att sedan hitta sätt att samverka kring kommande satsningar.

Strålsäkerhetsmyndigheten ska i dialog med industri, lärosäten och andra berörda aktörer identifiera aktörernas förutsättningar att på kort och lång sikt rekrytera personal med adekvat kunskap. Vid behov ska Strålsäkerhetsmyndigheten föreslå de åtgärder som krävs för att säkerställa att kompetens finns tillgänglig och att den kommer till användning i berörda verksamheter.”

Bakgrunden till regeringsuppdraget beskrivs främst som två:

- De internationella krav som finns på myndigheten att leva upp till vad gäller relevanta utbildningar och nationell kompetens inom området, samt den internationella granskning (IRRS) som 2016 visade att Sverige inte fullt ut lever upp till IAEA:s standarder för att upprätthålla kompetensen inom strålskydd och kärnsäkerhet.
- Kärnkraftsindustrins beslut att lägga ned fyra kärnkraftsreaktorer fram till och med 2020, en omvärldsförändring som kan komma att påverka kompetensförsörjningen såväl inom kärnkraftssektorn som inom relevanta utbildningar.

En robust kunskaps- och kompetensförsörjning är avgörande för att garantera en fortsatt positiv utveckling av strålsäkerheten i Sverige, och av uppdraget framgår att regeringen därför anser att förutsättningarna för att upprätthålla och utveckla nationell kompetens på området bör ses över och stärkas vid behov. Vidare menar regeringen att uppbyggnad, upprätthållande och utveckling av kompetens är långsiktiga frågor, vilket kräver långsiktighet och kontinuitet i arbetet.

1.1. Introduktion

I Sverige används strålning i verksamheter relaterade till kärnkraft, sjuk- och tandvård samt veterinärverksamhet, forskning, handel samt industri. Det är de strålningsrelaterade verksamheterna i landet som i stor utsträckning bestämmer och dimensionerar vilken kompetens inom området som behövs. Därtill kan kompetensbehovet även påverkas av oplanerade förändringar eller händelser i omvärlden.

Felaktig användning av strålning kan leda till skador på människor och miljö. En av de vanligaste orsakerna till händelser som medför att människor utsätts för negativa konsekvenser av strålning är oavsiktliga misstag. För att minimera risken för misstag liksom konsekvenser av händelser och olyckor med strålning, måste kompetensnivån vara tillräckligt hög hos alla inblandade.

Dessutom har flera sinsemellan oberoende aktörer olika ansvar och roller kring aktiviteter med strålning. Det handlar om allt från lagstiftande aktörer till utförande och kontrollerande aktörer.

En schematisk översikt över inblandade aktörer ser ut så här:

- Industrier utvecklar teknik där strålning ingår som en komponent och bygger anläggningar avsedda för verksamheter med strålning.
- Företag, myndigheter och landsting använder den strålningsrelaterade tekniken och driver anläggningarna avsedda för verksamheter som inbegriper strålning.
- Kontrollorgan genomför rutininspektioner av verksamhet som inbegriper strålning enligt myndigheternas krav.
- Myndigheter ställer krav på strålsäkerhet genom föreskrifter, genomför tillsyn och ger tillstånd.
- Myndigheter, kommuner, landsting och verksamhetsbedrivare hanterar konsekvenser av inträffade händelser och olyckor.
- Riksdagen stiftar lagar om strålsäkerhet.
- Lärosäten utbildar och bedriver forskning inom de kunskapsområden som rör strålning. Akademikerna har även i uppgift att förmedla en objektiv och expertbaserad analys av riskbedömningar, åtgärder och ansvar.
- De större statliga forskningsfinansiärerna (bland annat Vetenskapsrådet, Vinnova, Stiftelsen för strategisk forskning, Formas och Energimyndigheten) bedömer forskningsprojekt och finansierar forskning.
- Intresseorganisationer följer verksamheter med strålning från allmänhetens perspektiv.

Ytterligare faktorer som påverkar behovet av kompetens i Sverige är att det i omvärlden finns kärnteknisk verksamhet som vid en olycka kan få konsekvenser för vårt land. Även hotet om kärnvapen användning samt risken för terrorhandlingar påverkar kompetensbehoven. Nationell kompetens behövs därtill för att Sverige ska kunna delta i det internationella arbetet, framförallt för att påverka kommande direktiv från t.ex. EU rörande strålsäkerhet så att de svenska förhållandena tas i beaktande. Att vi upprätthåller kompetensen är också angeläget inom ramen för landets totalförsvår.

Kompetens skapas genom både forskning och utbildning. Utbildning och kompetensuppbyggnad kan ske såväl vid lärosäten som på arbetsplatser genom interna kurser och under det dagliga arbetet. Forskning ger ny kunskap till industri, vård och myndigheter, och håller utbildningsmiljöerna vitala. Utan en kontinuerlig kunskapsutveckling är risken stor att kunskaps- och kompetensnivåer stagnerar för att efter hand sjunka.

1.1.1. Tre perspektiv på nationell kompetens

Nationell kompetens inom strålsäkerhetsområdet kan beskrivas och definieras på flera sätt. Den här utredningen utgår från följande indelning:

1. arbetsgivarnas behov av kompetens
2. lärosätenas utbildningar
3. samhällets behov av vetenskaplig expertis.

Arbetsgivare med verksamhet som innefattar strålning har behov av strålningsrelaterad kompetens. Deras verksamhet och kompetensbehov dimensionerar på så sätt det nationella kompetensförsörjningssystemet. Lärosätena förser studenterna och därmed de blivande arbetstagarna med kompetens. Utbildningssystemet är dessutom nära förknippat med möjligheten att upprätthålla relevanta forskningsmiljöer, eftersom dessa utgör en grundläggande del av utbildningssystemet. Forskningsmiljöer förser Sverige med vetenskaplig expertis som upprätthåller en oberoende vetenskaplig nationell kunskapsnivå och bidrar vid avgöranden i balansen mellan nyttan och risker med strålning. Den vetenskapliga expertisen bidrar också till att säkerställa lärosätenas lärare och

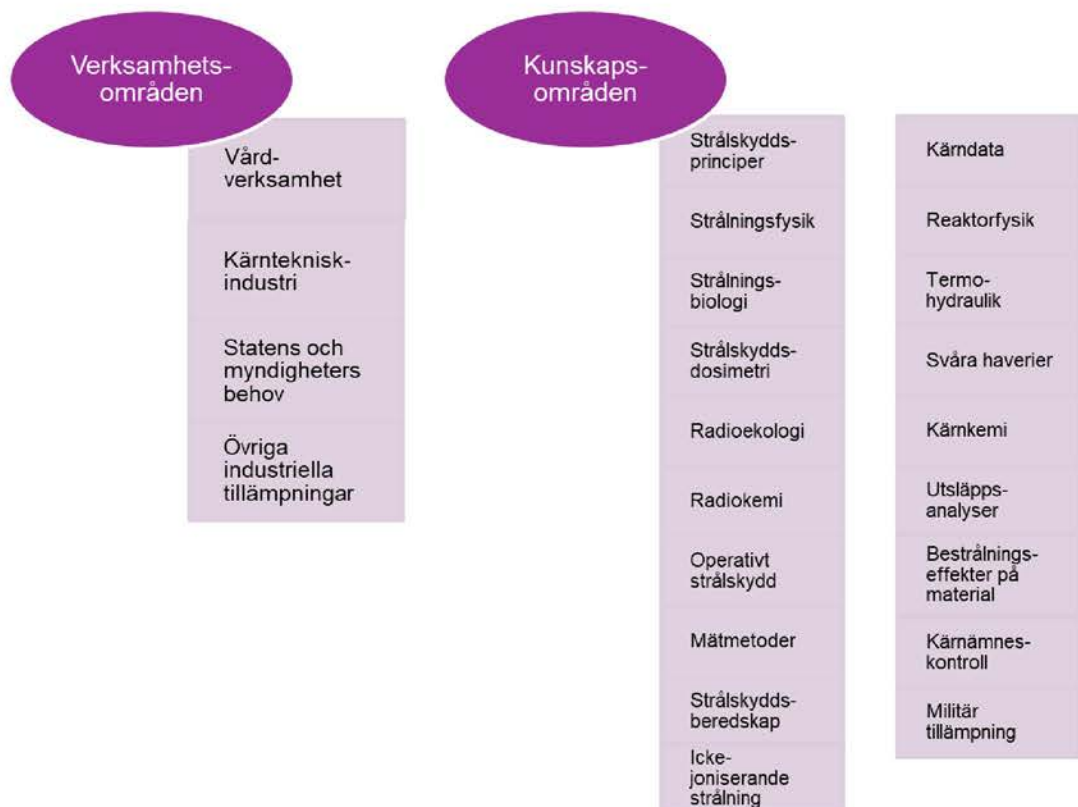
utbildningar, och står även för oberoende information och granskning samt bidrar till att vederhäftiga beslut fattas.

Figur 1 illustrerar två av perspektiven på kompetensförsörjningssystemet för strålsäkerhetskompetens:

- behov av kompetens hos arbetsgivare med verksamhet som innefattar strålning
- kunskapsområde.

Kopplingar mellan perspektiven är komplexa. Flera kunskapsområden är förutsättningar för enskilda verksamheter, och några kunskapsområden delas av alla verksamheter.

Utredningens datainsamling har i huvudsak varit indelad efter verksamhetsområdenas kompetensbehov. Samtidigt har indelningen i kunskapsområden varit central i arbetet med att definiera kompetensbehoven inom de olika verksamheterna.



Figur 1 Två perspektiv på kompetensförsörjningssystemet för strålsäkerhetskompetens – med fokus på verksamheterna som bedrivs där kompetensen behövs, respektive på kunskapsområden. Uppräkningen av kunskapsområdena är inte heltäckande.

1.2. Organisation och genomförande av arbetet

En intern projektorganisation inom SSM har genomfört regeringsuppdraget. Uppdraget har delats in i flera etapper för att säkerställa ett strukturerat arbete utifrån systemets styrning, behov och utbud. Uppdragets etappindelning beskrivs schematiskt i *Figur 2*. Externt deltagande från berörda aktörer har säkerställts genom att en referensgrupp bestående av deltagare från kärnkraftsindustrin, hälso- och sjukvården, berörda myndigheter och universitet har träffats vid fyra tillfällen för diskussioner.



Figur 2 Uppdelning av aktiviteter i utredningen.

Datainsamlingen omfattade:

- En sammanställning av de under 2000-talet genomförda regeringsuppdrag om Sveriges kompetensförsörjning.
- En sammanställning av kompetensanalyser hos de stora kärntekniska tillståndshavarna samt berörda myndigheter.
- Statistiskt underlag över antal anställda med viss kompetens hos tillståndshavare.
- Enkätfrågor till ca 2000 tillståndshavande och anmälningspliktiga verksamheter
- Intervjuer med representanter från berörda universitet och högskolor.

Framtidsutblicken genomfördes under referensgruppsmötet den 6 och 7 december 2017, samt under korta intervjuer med ett slumpmässigt urval av deltagarna vid SSM:s strålsäkerhetsdagarna den 22-23 november 2017.

Identifiering av områden med risk för brister skedde under referensgruppsmötet den 15 februari 2018.

Förslagen till åtgärder diskuterades fram internt på myndigheten utifrån i utredningen framkommet underlag, och presenterades för referensgruppen vid det sista referensgruppsmötet den 16 maj 2018.

1.3. Remisshantering

En version av slutrapporten skickades på remiss till deltagarna i referensgruppen. Remissversionen publicerades på myndighetens webbplats för att även de som inte deltagit i referensgruppens arbete skulle kunna lämna synpunkter. Remisstiden löpte från den 15 juni till den 13 augusti.

1.4. Avgränsningar

Verksamheter med strålning rymmer många kunskapsområden, se *Figur 1*. För att avgränsa utredningen togs utgångspunkten att endast kunskapsområden där SSM huvudsakligen är ansvarig myndighet ingår. I utredningen görs därför en avgränsning där följande ingår:

- joniserande och icke-joniserande strålning
- nukleär icke-spridning (kärnämneskontroll, exportkontroll och illicit trafficking) till viss del
- materialfrågor som inkluderar bestrålningseffekter och åldringseffekter på grund strålning

Finansiell kontroll, fysiskt skydd och informationssäkerhet ingår inte då utbildning inom dessa områden i huvudsak inte har fokus på strålsäkerhet. Kompetensbehovet för transporter av aktiva komponenter liksom geovetenskapliga områden som är centrala för slutförvarsarbetet täcks också av andra utbildningar.

Behovet av att innefatta kompetensbehovet hos de myndigheter som omfattas av totalförsvarets behov inom strålsäkerhetsområdet noterades på allvar först under utredningens gång, och kunde därför inte omfattas av utredningen. Se därför åtgärdsförslag om ytterligare utredning.



Utredningen omfattar utbildningar på högskolenivå inklusive forskarutbildningar, samt vidareutbildning för yrkesarbetande inom strålsäkerhetsbranschen. Den senare kategorin, utbildningsföretag som erbjuder vidareutbildningar, är viktiga aktörer för att möjliggöra arbete med strålning efter en mer generell utbildning. Det finns även utbildningar och forskningsområden som inte ingår i utredningen även om de är viktiga för verksamheter med strålning. Exempel på sådana är elkraft, material/hållfasthet, korrosion, byggteknik och MTO. Dessa ingår dock i större sammanhang och myndighetens bedömning är att där fungerar kompetensförsörjningen väl.

Utredningen har dessutom utgått från nuvarande antal kärnkraftverk i drift och kända avvecklingsplaner.

Ytterligare en avgränsning rör det som ofta kallas 'Technical support organisation' eller teknisk stödorganisation (TSO)². Till skillnad från andra större kärnkraftsländer har Sverige inte samlat det tekniska stödet inom det kärntekniska området i en enskild statsfinansierad institution som utför oberoende analyser och kontroller. Dagens svenska system bygger på att dessa aktiviteter utförs av universitet, högskolor och konsulter på beställning av tillståndshavare eller SSM. I Sverige finns inte heller något särskilt statligt institut för strålskyddsforskning, vilket tidigare ingick i Statens strålskyddsinstitut (SSI) uppdrag. Då detta regeringsuppdrag har omfattat att identifiera och föra dialog med berörda aktörer har utredningsarbetet avgränsats till dagens befintliga sammansättning av aktörer. Åtgärdsförslagen utgår därför från de möjligheter till statlig styrning som innefattas i den befintliga sammansättningen av statliga institutioner. SSM har varken bedömt vad en teknisk stödorganisation inom det kärntekniska området eller ett forskningsinstitut inom strålskydd skulle innebära för den långsiktiga kompetensförsörjningen och dess statliga styrning i Sverige.

² Exempel på en TSO eller TSO-liknande institutioner är Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy (VTT) i Finland, Paul Scherrer Institute (PSI) i Schweiz, samt Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) och Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) i Frankrike.



2. Internationella krav och förväntningar

Sverige har som medlem i FN:s internationella kärnenergiorgan (IAEA) åtagit sig att följa IAEA:s standarder. De internationella överenskommelser som Sverige har ratificerat slår fast att alla ansvariga aktörer ska ha tillräcklig kompetens, och att en viktig del av den nationella strategin är att det ska finnas ett kompetensförsörjningssystem. I de internationella kraven anges däremot inte mer utförligt vad som krävs för att uppfylla kraven på nationell kompetens.

Det internationella systemets standarder och konventioner har stora likheter. Utöver IAEA:s krav, återfinns kompetenskrav och -rekommendationer också bland annat i följande standarder och konventioner:

- Kärnsäkerhetskonventionen (INFCIRC/449), artikel 11 paragraf 2
- Kärnsäkerhetsdirektivet (2014/87/Euratom), artikel 7
- Kärnavfallsdirektivet (2011/70/Euratom), artikel 8
- EU:s strålskyddsdirektiv (2013/59/Euratom), artikel 14
- ICRP:s rekommendationer
- Konventionen om fysiskt skydd av kärnämne (SÖ 1985:24)

Kravet på att upprätthålla nationell kompetens framgår av krav nr 11 i GSR part 1. Nedan följer ett par underparagrafer ur GSR part 1 som exemplifierar kravbildens:

Requirement 11: Competence for safety

The government shall make provision for building and maintaining the competence of all parties having responsibilities in relation to the safety of facilities and activities.

2.34. As an essential element of the national policy and strategy for safety, the necessary professional training for maintaining the competence of a sufficient number of suitably qualified and experienced staff shall be made available.

2.35. The building of competence shall be required for all parties with responsibilities for the safety of facilities and activities, including authorized parties, the regulatory body and organizations providing services or expert advice on matters relating to safety. Competence shall be built, in the context of the regulatory framework for safety, by such means as:

- *Technical training;*
- *Learning through academic institutions and other learning centres;*
- *Research and development work.*

IAEA:s standarder ska stödja aktörer med strålningsrelaterad verksamhet att bedriva denna på ett säkert sätt. IAEA:s säkerhetsstandarder är också grunden för internationella konventioner och internationella erfarenhetsutbyten, som till exempel IRRS-granskningar (Integrated Regulatory Review Service). IAEA:s IRRS-program syftar till att hjälpa FN:s medlemsstater att hitta förbättringsmöjligheter i kravställningen och tillsynen av strålsäkerhet. Vid en IRRS-granskning utgår IAEA alltid från säkerhetsstandarderna Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety (GSR Part 1). Därutöver kan det land som ska granskas välja vilka ytterligare områden som ska ingå i granskningen.

2.1. IRRS-granskningen av Sverige

I februari 2012 granskades det svenska systemet för hantering av strålsäkerhetsfrågor av ett internationellt team lett av IAEA, [2]. Granskningen genomfördes på begäran av regeringen. IAEA lämnade efter granskningen en slutrapport med bland annat 22



rekommendationer och 17 förslag på förbättringar. På uppdrag av regeringen begärde SSM en uppföljning av IRRS-granskningen från 2012. Den genomfördes i månadsskiftet april maj 2016, [3].

För området ”competence for safety” fick regeringen 2012 en rekommendation om att vidta åtgärder för att upprätthålla kompetens för kärnsäkerhet och strålskydd på nationell nivå. Denna rekommendation kvarstod efter uppföljningen 2016.

Vid uppföljningen 2016 fick IRRS-teamet information om att antalet studenter som väljer att slutföra kärnteknikrelaterade universitetskurser och akademisk forskning hade minskat. I den rapport från 2015 som SSM lämnat till regeringen framhölls även behovet av att upprätthålla lämpliga nivåer av forsknings- och utbildningsprogram för områdena kärnsäkerhet och strålskydd. IRRS-teamet konstaterade att regeringen ansåg det vara för tidigt att agera på myndighetens rapport, då det inte fanns tillräcklig kunskap om kärnkraftsindustrins övergripande framtida kompetensbehov och den akademiska sektorns förmåga att möta efterfrågan.

I anslutning till frågan om nationell kompetens, kärnsäkerhet och strålskydd, konstaterade IRRS-teamet att SSM hade genomfört en omfattande intern kompetenskartläggning och att SSM hade en tydlig bild av tillgänglig kompetens och var det fanns luckor. Dock ansåg IRRS-teamet att SSM inte i tillräcklig omfattning hade analyserat kompetensbehovet på lång sikt. Vid uppföljningen fick SSM därför ett förbättringsförslag där SSM föreslogs komplettera sin resurs- och kompetensanalys med en strategisk översyn som tog hänsyn till den svenska kärnkraftindustrins perspektiv.

Nästa IRRS-granskning av det svenska systemet är planerad till 2022.

3. Tidigare utredningar

SSM och dess föregångare har under 2000-talet genomfört fyra regeringsuppdrag inom området nationell kompetensförsörjning, detta aktuella regeringsuppdrag inte medräknat. Dessutom gjordes en särskild utredning 2003 med uppgift att analysera förutsättningarna för säkerheten och strålskyddet vid de svenska kärnkraftverken.

	Nationell kompetens inom strålskyddsområdet [4]	Nationell kompetens inom kärnsäkerhetsområdet [5]	Kompetensläge för ett strålsäkert samhälle [6]	Det strategiska kompetensbehovet inom strålskyddet i Sverige - översikt och förslag [7]
Genomförandetid	1 år (2014-2015)	1 år (2015)	1 år (2010-2011)	1 år (2005-2006)
Avgränsning sektor	Strålskyddssektorn	Kärnkraftssektor	Kärnkraftssektor och strålskyddssektor	Framförallt strålskyddssektor
Avgränsning tid	Nuläge/närmaste åren	Nuläge/närmaste åren	10 år (2020)	15 år (2020)
Avgränsning nivåer	Ingen avgränsning	Utbildning på högskole- & universitetsnivå samt forskning.	Samhället: Högskole- & universitetsutbildning samt forskning SSM: Avgränsat till identifierade kompetenser snarare än nivå.	Forskar och lärarkompetens på universitetsnivå samt annan strålskyddsexpertis (kvalificerad, eftergymnasial)
Metod primärdata-insamling	Enkät- och intervjustudie	Intervjustudie	Intervjustudie	Intervjustudie

Tabell 1 Sammanställning av SSM:s tidigare regeringsuppdrag om kompetensförsörjning inom strålsäkerhetsområdet.

3.1. Nationell kompetens inom strålskyddsområdet

De tidigare kompetensutredningarna rörande strålskydd [4], [6] och [7] har alla konstaterat att läget avseende kompetensförsörjning inom området varit kritiskt. En negativ trend har observerats där universitetsinstitutioner lagts ned och där den nationella kompetensen sjunkit både i form av antal personer med kompetens och djupet på kunskaperna. Läget beskrevs som så kritiskt att utredningen inte kunde utesluta att olyckor skulle kunna ske på grund av bristfällig strålskyddskunskap [6]. Därmed skulle den nationella strålsäkerheten inom vissa discipliner inte kunna upprätthållas (specifikt inom arbetsmiljö, miljöövervakning, strålskyddsberedskap och industri utanför kärnkraftsindustrin). Utredningarna identifierade flera orsaker till detta:

- Tidigare hade SSI både den samlade och djupa expertisen inom området och myndigheten bedrev även forskning på internationellt hög nivå. Då SSI slogs samman med Statens kärnkraftsinspektion (SKI) förändrades styrningen av verksamheten. Medarbetarna fick också betydligt bredare ansvarsområden, med konsekvensen att spetskompetenser inom myndigheten tynade bort. Inget lärosäte inom Sverige har tagit över utveckling och forskning inom strålskyddet.
- Strålskydd är en tvärvetenskaplig disciplin som har sina rötter i flera ämnesområden, såsom strålningsfysik, strålningsbiologi, radiokemi och radioekologi. Detta har gjort att små grupper arbetar parallellt på flera lärosäten med endast begränsad samordning. Splittringen och de små grupperna har gjort att spetskompetenser har svårt att överleva.

- Finansieringen för strålskyddsforskning och undervisning anges som besvärlig för lärosätena då SSM i princip är den enda finansiären. Bristande finansiering beskrivs ha lett till att forskargrupper har upplösts och utbildningen har upphört på vissa lärosäten vilket har inneburit att färre studenter utbildas inom området.
- Konkurrensen om den befintliga kompetensen anges ha ökat och det har blivit svårt och dyrt att rekrytera personal med adekvat kompetens. En av utredningarna ger en möjlig lösning på detta genom att SSM i framtiden rekryterar från den internationella marknaden för att fylla behovet av kritiska kompetenser.
- När det gäller strålskyddet inom sjukvården bedömdes att även om det noterats vissa brister och behov kunde utbildningsväsendet i stort tillgodose dagens och även ett ökande kompetensbehov. Strålskyddskompetensbehovet inom kärnkraftsindustrin, där medarbetarna mestadels utbildas internt, ansågs också vara utan större problem. Detta handlar dock oftast om en mindre avancerad och mer praktisk strålskyddsutbildning.

3.2. Nationell kompetens inom kärnsäkerhetsområdet (2015)

SSM utredde 2015 kompetens inom kärnsäkerhetsområdet efter en förfrågan från utbildningsdepartementets om ett underlag för regeringens forskningspolitik [5]. Utredningen fokuserade på utbildningssystemet.

Utredningen drog slutsatsen att minskade forskningsmedel från såväl offentliga som privata finansiärer skapar behov av ytterligare finansiering för att säkerställa en tillräcklig nivå på svensk forskning och utbildning inom kärnsäkerhetsområdet. Utredningen bedömde att lärosätena sammantaget behöver 15 miljoner kronor per år i stöd för att säkerställa att attraktiv forskning kan bedrivas som lockar doktorander och studenter. Specifikt föreslogs satsningar på forskning på framtida reaktortekniker för att locka studenter till såväl doktorand- som grundutbildning. Vidare föreslogs SSM överväga att återigen bli en partner i SKC för att kunna styra budget mot de kärnkraftsområden myndigheten identifierat som relevanta. Utredningen föreslog även att SSM gör en översyn av den experimentella infrastruktur som finns i Sverige.

3.3. Kompetensläge för ett strålsäkert samhälle (2011)

SSM fick i regleringsbrevet 2010 i uppdrag att i årsredovisningen 2011 redovisa en bedömning av kompetensläget inom strålsäkerhet samt hur kompetensläget motsvarar framtida behov [6]. Utredningen skulle även redovisa hur myndighetens framtida kompetensbehov ser ut rent generellt och även specifikt i förhållande till sammanslagningen av Statens strålskyddsinstitut (SSI) och Statens kärnkraftsinspektion (SKI). Utredningen hade ett tidsperspektiv om 10 år.

Utredningen bedömde att kompetensläget (såväl vad gäller forskning som utbildning) inom kärnkraftsområdet var tillfredställande. Utredningen identifierade dock kompetensbrister inom strålskyddsområdet (verksamheter utanför kärnkraftsindustrin som arbetar med strålning). En förklaring till kompetensbristen inom området ansågs vara avsaknaden av en generellt inriktad strålskyddsutbildning. En utredning föreslogs därför genomföras med målet att föreslå de åtgärder som krävs för att etablera en strålskyddsutbildning. Utredningen ansåg vidare att omfattningen och inriktningen på strålskyddsforskningen på sikt borde ses över.

Utredningen bedömde att SSM:s kompetensläge i huvudsak var tillfredställande men identifierade behov av kompetensutveckling inom ett par områden. Vidare ansåg utredningen att SSM:s tillgång på internationellt gångbar spetskompetens behövde förbättras. Myndigheten föreslogs ges möjlighet att bedriva egen forskning för att utveckla



internationellt gångbar spetskompetens. Utredningen föreslog även att regeringen skulle genomföra en utredning av för- och nackdelar med att samla kompetens rörande icke-spridning av kärnvapen till antingen SSM eller FOI. Vidare föreslog utredningen att regeringen skulle tillföra SSM mer resurser för att möjliggöra upprätthållandet av kompetens inom de områden som studerats och inventerats i utredningen.

3.4. Det strategiska kompetensbehovet inom strålskyddet i Sverige - översikt och förslag (2006)

SSI fick i regleringsbrevet för år 2005 i uppdrag att ”kartlägga det strategiska kompetensbehovet inom strålskyddsområdet på lång sikt i Sverige och lämna förslag till åtgärder för att säkerställa återväxten av kompetensen” [7].

Utredningens bedömning var att åtgärder krävdes inom strålskyddsområdet, särskilt inom radioekologi och strålningsbiologi där man beförde att forskning och utbildning helt kunde upphöra. Behovet av åtgärder förklarades och motiverades av att de kunskapsområden som studerats är små och därför extra utsatta för generationsväxlingar, förändringar på arbetsmarknaden och andra omvärldsfaktorer. Kunskap inom strålningsfysik identifierades som en viktig grund för kompetens inom strålskydd.

SSI föreslog att statens finansiering av forskning och utbildning skulle förstärkas genom tre lektorstjänster, fem doktorand-/forskarassistenttjänster, utöver tre professorstjänster. Detta skulle i sin tur möjliggöra både kurser på C- och D-nivå samt forskarutbildningskurser, särskilt inom strålningsbiologi och radioekologi.

Utredningen noterade att det inte är möjligt för ett litet land som Sverige att upprätthålla forskning inom samtliga fält inom områdena och att inhämtande av internationell kompetens ”stundtals [kan] vara nödvändigt” (s. 7 [7]). Däremot varnade man för att kompetensen hade urholkats även internationellt, vilket antogs kunna innebära en internationell konkurrenssituation vad gäller de aktuella kompetenserna.

3.5. Kärnkraftverkens säkerhet och strålskydd (2003)

Regeringen beslutade den 21 februari 2002 att tillkalla en särskild utredare med uppgift att analysera förutsättningarna för säkerheten och strålskyddet vid de svenska kärnkraftverken mot bakgrund av utvecklingen i omvärlden. Utredningen, Kärnsäkerhetsutredningen (M 2002:01), resulterade i betänkandet Kärnkraftverkens säkerhet och strålskydd (SOU 2003:100) [8].

Betänkandet skrevs i en tid då elmarknaden nyligen avreglerats, Barsebäck 1 hade stängts, beslut om att ställa av ytterligare en reaktor hade fattats och nya former av terroristhot uppträtt. Alla dessa faktorer innebar en högre ekonomisk press på aktörerna i branschen och det fanns farhågor för att kompetensförsörjningen skulle påverkas negativt.

Utredningen behandlade flera aspekter och i betänkandet lämnades flera förslag på åtgärder: hur tillsynsmyndigheter borde arbeta och rapportera, och ändringar av både kärntekniklagen och miljöbalken. Dess nulägeskartläggning liknar till stora delar den som denna utredning presenterar – den kommande avvecklingen har väckt samma frågor då som nu. Utredningen noterar att en lösning på kompetensproblemet är internationellt samarbete samt att det fortsatt bedrivs forskning och utbildning inom de berörda områdena. Därför såg utredningen det som angeläget att både myndigheten och industrin avsatte resurser för det internationella arbetet.



Vidare noterade utredningen att den samordning som SKC medförde gav en struktur som hade förutsättningar att täcka myndighetens och branschens behov av strategisk kompetens de närmaste tio åren. Utredningen lyfte vikten av kompetensförsörjning för de delar som är unika för de svenska reaktorerna och föreslog att denna skulle genomföras genom att kärnkraftsföretagen bygger upp egen kompetens. Samtidigt påpekar utredningen att denna lösning kräver en viss mängd anställda för att vara livskraftig.

Utredningen såg att återväxten av spetskompetens inom strålskydd var mer bekymmersam. Den föreslog därför regeringen att uppdra åt SSI att kartlägga det strategiska kompetensbehovet inom strålskyddsområdet på lång sikt för den kärntekniska verksamheten i landet och att lämna förslag till åtgärder för att säkerställa återväxten av kompetens. Detta resulterade i utredning [7].

3.6. Fortsatt aktuella åtgärder

De ovan redovisade utredningarna har i de flesta fall behandlat ett behov av ytterligare finansiering till små forskargrupper samt av tydligare nätverkande och samordning mellan aktörerna inom strålsäkerhetsområdet. Ett förslag som återkommande presenterats men som inte åtgärdats till fullo är en förstärkt finansiering till forskargrupper inom strålskydd.

4. Förändringar inom strålsäkerhetsområdet

Utredningen har gjort en översikt över trender och kommande skiften inom strålsäkerhetsområdet. Syftet har främst varit att undersöka väntade kommande förändringar som kan påverka kompetensförsörjningen, snarare än att ta höjd för det oväntade.

4.1. Kärnteknisk verksamhet

Inom den kärntekniska sektorn finns följande skiften som datainsamlingen indikerar kommer att påverka kompetensförsörjningen på nationell nivå:

- Sju reaktorer avvecklas under den kommande 10-årsperioden: Ringhals 1 och 2, Oskarshamn 1 och 2, Barsebäck 1 och 2 samt Ågestaverket.
- Drifttiden förlängs för kvarvarande reaktorer.
- Slutförvarsanläggning och inkapslingsanläggning (Clink) uppförs för använt kärnbränsle uppförs.
- Nya föreskrifter träder i kraft gällande strålsäkerhet.

I datainsamlingen beskrivs dessutom följande mer generella trender som också kan påverka kompetensförsörjning:

- Intresset viker för tekniska och naturvetenskapliga utbildningar och yrken.
- Rörligheten på arbetsmarknaden ökar, såväl mellan branscher som internationellt.
- Könsfördelningen blir jämnare inom traditionellt mansdominerade teknikområden.
- Antal utrikesfödda och personer med utländsk bakgrund med teknisk kompetens ökar.

Inom kärnkraften är det överskuggande skiftet inom överskådlig framtid avvecklingen av fyra av de tio reaktorerna som på senare tid har beslutats. Verksamhetens minskade omfattning innebär en minskad arbetsstyrka och en minskad omfattning av uppdrag som behöver läggas ut på externa entreprenörer. Uppdragen på entreprenad har, enligt uppgift från entreprenörer, redan minskat på grund av industrins pressade kostnadsläge, och det finns en förväntan om att kärnkraften kommer att fokusera mer på underhåll och mindre på utveckling, och därmed efterfråga färre utvecklingstjänster. Branschen förväntar sig inte några större moderniseringsprojekt eller effekthöjningar av kvarvarande kärnkraftverk.

Avveckling av sammanlagt sju kärnkraftverk under en 10-årsperiod kräver en anpassning av nuvarande driftfokus till ett kompletterande fokus på avveckling. För avvecklingen behövs vissa spetskompetenser inom mätteknik, särskilt friklassning har nämnts, och en betydande volym av strålskyddstekniker för det operativa arbetet.

Förändringar inom branschen förväntas inte förändra nivån på kompetensbehovet i stort, även om behovet av kompetens skiftar från områden relaterade till den operativa driften av kärnkraftverk till andra områden, exempelvis avveckling.

Dessutom innebär den förlängda drifttiden för kvarvarande kärnkraftverk nya förhållanden vad gäller åldring och strålningsinducerade skador och ställer ytterligare krav på kompetenser inom åldring och åldringseffekter. Företrädare från branschen har angett att det också blir svårare att få tag på ursprungs-komponenter och att behålla kompetensen kring dessa. Kompetens kommer också att krävas för bedömning av hur säkerheten påverkas vid byte av komponenter till sådana som inte är identiska. Längre drifttid gör över huvud taget att kompetensöverföringen behöver ske över en längre tid, eftersom den

tidigare tekniken kommer att vara kvar längre. Detta kommer enligt vad som angetts i datainsamlingen att göra kompetensöverföring till en central fråga.

Uppförande av slutförvarsanläggning och inkapslingsanläggning (Clink) för använt kärnbränsle bidrar till att skifta kompetenssammansättningen i slutförvarsverksamheten. En minskad efterfrågan förutses på kompetens för forskning och utveckling om avfallshantering och slutförvarslösningar, och en ökad efterfrågan på kompetens för att konstruera och driva anläggningarna för avfall. Enligt uppgift löses behovet av byggteknisk kompetens genom upphandling av internationell kompetens, och påverkar således inte de nationella kompetensbehoven nämnvärt.

De föreskrifter för strålsäkerhet vid kärntekniska anläggningar som SSM för närvarande tar fram, innehåller kompetenskrav inom olika områden. Föreskrifterna för dock inte med sig någon markant höjning av dagens kompetenskrav, utan handlar snarare om förtydliganden och preciseringar.

Det generellt vikande intresset för tekniska och naturvetenskapliga utbildningar och yrken är en utmaning för svensk industri, även den kärntekniska. Också den ökande rörligheten på arbetsmarknaden uppges vara en utmaning för kärnkraftsindustrin som traditionellt haft låg personalomsättning och hög attraktionskraft. Representanter från kärnkraftbranschen har dragit slutsatsen att arbetsgivare behöver erbjuda större omväxling och flexibilitet för att fortsatt säkerställa tillgången till nödvändig spetskompetens. Till viss del förväntar man sig kunna använda skiftet till att exempelvis locka internationell kompetens, även om det dock blir i konkurrens när alltmer kärnteknik utvecklas utanför Europa.

Att industrin och arbetskraften med teknisk kompetens i allt högre grad speglar befolkningens demografiska sammansättning har beskrivits som en möjlighet att bättre dra nytta av hela befolkningens kompetenser och förmågor. Det är strategiska frågor för hela den svenska industrin men ställer också krav på allt ifrån inkluderande arbetsplatser till väl fungerande säkerhetskontroller.

Effekterna för branschen av beskrivna förändringar innebär utmaningar för kompetensförsörjningen. Spetskompetens riskerar att lockas bort från branschen och att rekrytera ersättare kan vara svårt till något som ter sig som ett tillfälligt arbete. Verksamheterna behöver upprätthålla samma spektrum av spetskompetenser på en mindre arbetsstyrka. Branschens företrädare håller det för troligt att brister uppstår inom kompetenser som anläggningsteknik, I&C (instrumentation and control), härd och bränsle (reaktorfysik), material, kemi, åldring, samt möjligen även analyskompetenser som probabilistisk säkerhetsanalys (PSA). Färre uppdrag till entreprenörer innebär att det även finns en utmaning att säkerställa tillräcklig tillgång till rätt kompetens från entreprenörer vid särskilda tillfällen.

4.2. Medicinsk verksamhet med strålning

Inom den medicinska verksamheten med strålning finns följande skiften som datainsamlingen indikerar kommer att påverka kompetensförsörjningen på nationell nivå:

- Användning av joniserande strålning ökar inom flera områden, exempelvis protonstrålbehandling, diagnostik, regelbunden screening, nuklearmedicin, radionuklidterapi och produktion av radiofarmaka.
- Graden av komplexitet och automatisering av system ökar inom flera områden som till exempel utveckling av intensitetsmodulerad strålterapi, komplexa hybridsystem som kombinerar olika strålningskvaliteter samt kombinerad exponering från olika strålkällor.



- Administrativa krav och formaliseringsgrad ökar i form av exempelvis krav på användning av ”big data”, nya krav på riskkommunikation till patienter samt formalisering av specialistutbildning för sjukhusfysiker.

Dessutom beskrivs i datainsamlingen följande mer generella trender som också kan påverka kompetensförsörjning:

- Centrala yrkesgrupper i delar av landet står inför ett generationsskifte.
- Nya föreskrifter gällande strålsäkerhet har trätt i kraft.
- Intresset viker för tekniska och naturvetenskapliga utbildningar och yrken.
- Rörligheten på arbetsmarknaden ökar, såväl mellan branscher som internationellt, ökar.

Den ökande användningen av joniserande strålning innebär enligt datainsamlingen behov av utökad kontinuerlig kompetensutveckling i fler yrkesgrupper (läkare, sjuksköterskor, sjukhusfysiker, ingenjörer, fysioterapeuter, farmaceuter etc.) kring diagnostiska tillämpningar, och även bland de som remitterar. Den ökande användningen av diagnostiska tillämpningar anses också innebära ett ökat kompetensbehov av epidemiologisk expertis för att göra populationsbaserade bedömningar av effekter av låga stråldoser.

Strålbehandlingar med protoner på Skandionkliniken, som öppnade 2015, förväntas att bli flera även om ökningen går långsammare än planerat. Systemen för konventionell strålbehandling utvecklas också kontinuerligt med nya metoder för intensitetsmodulering, ökande digitalisering och automatisering, vilket skiftar kompetensbehoven hos sjukhusfysiker. Samtidigt som komplexiteten ökar med fler och mer avancerade system som t.ex. CT, MR, SPECT/CT och PET/CT³, väger automatisering av styrning och planering upp för en del av de ökande utmaningarna. Mer avancerade system kan även minska exponeringen för strålning vid enskilda tillfällen.

Utvecklingen anses ställa högre krav på sjukhusfysikernas tekniska kompetens, och automatiseringen tar dem längre från den praktiska verksamheten, samtidigt som behovet av förståelse för de grundläggande processerna kvarstår. Men dessa förändringar förväntas få en lösning inom ordinarie utbildnings- och fortbildningsverksamhet för sjukhusfysiker genom att dessa utvecklas. En specialistutbildning för sjukhusfysiker har föreslagits i en aktuell lagrådsremiss av patientsäkerhetslagen, med Socialstyrelsen som administrativt ansvarig myndighet. Men strålskyddets ämnesövergripande karaktär för med sig en risk för att strålskyddet hamnar utanför nya utbildningsinriktningar, vilket behöver bevakas.

Utöver sjukhusfysiker har företrädarna för verksamhetsutövarna identifierat följande yrkesgrupper med ansvar för handhavandet av strålkällor som angelägna för insatser: ingenjörer, biomedicinska analytiker, radiologer, onkologer, onkologisjuksköterskor samt röntgensjuksköterskor. Med ökande komplexitet hos de tekniska systemen förändras även krav och behov på de ingenjörer som ansvarar för system och underhåll av apparater. Ökad automatisering och hantering av ”big data” kan innebära att fler och andra typer av kompetenser blir relevanta för sjukhusfysiker och ingenjörer i vården. Vad gäller radiologer, onkologer, onkologisjuksköterskor och röntgensjuksköterskor finns enligt utredningens enkät och intervjuer en betydande brist på arbetskraft.

4.3. Övrig verksamhet med strålning

Tillämpningar av strålning utanför vården omfattar följande skiften med möjlig inverkan på nationell kompetensförsörjning:

³ Se definitionslista bilaga 2 för facktermer.



- European Spallation Source (ESS) tas i drift
- Ökad användning av avancerad diagnostik inom tandvård och veterinärverksamhet (CBCT och CT)
- Ersättning av strålkällor i vissa mätinstrument
- Ökad efterfrågan på verksamheter som inbegriper strålning och fler utländska verksamhetsbedrivare som verkar i Sverige
- Ny lagstiftning inom strålskyddsområdet

ESS är en unik strålkälla med höga energier som samlar ett internationellt användarsamfund. Anläggningen reser strålsäkerhetsfrågor som kräver ett behov av fortsatt nationell kunskapsutveckling. Några specifika frågor uppges handla om bildande och eventuell spridning av ovanliga radionuklider, strålskydd och dosimetri för mycket högenergetiska strålfält samt och strålsäkerhetsfrågor kopplade till avfallet.

Ny lagstiftning inom strålskyddsområdet påverkar inom flera områden. Det gäller exempelvis anmälan av arbetsplatser med höga radonhalter, kompetenskrav för utländska strålskyddsexperter, krav på strålskyddsexperter i verksamheter med högaktiva strålkällor och inom området för häströntgen samt utbildningsbehov för anmälningspliktiga verksamheter.

Bland verksamheterna med övriga strålkällor går utvecklingen åt olika håll samtidigt enligt utredningens datainsamling. Användandet av öppna strålkällor avtar och ersätts i större utsträckning med alternativa tekniker utan strålkällor. Samtidigt finns en ökad försäljning och användning av strålkällor inom exempelvis inom tandvård och veterinärverksamheter. Av enkäten framgår att mer avancerade diagnostiska metoder sannolikt kommer att spridas till fler tandvårdskliniker och veterinärkliniker inom de kommande 15 åren vilket gör att fler tillståndshavare förväntar sig ha en större arbetsstyrka med kompetens inom SSM:s ansvarsområde än en mindre.

Inom tandvård och veterinärvård förväntas implementering av ny utrustning i form av CBCT inom tandvården respektive utrustning för datortomografi samt tandröntgen inom veterinärvården. Användning av röntgenutrustning förväntas också att öka i omfattning och verksamheten expandera.

4.4. Icke-joniserande strålning

Forskningsläget avseende hälsorisker med icke-joniserande strålning har analyserats utifrån hälsoeffekter och risker. Området omfattar:

- UV-strålning
- EMF
- Laser

Kunskapsläget för risker med ultraviolett strålning (UV) är tillfredsställande. Entydiga forskningsresultat kopplar UV-strålning (naturlig strålning och strålning från solarier) till en ökad risk för hudcancer. Aktuell forskning i dag rör områden som exempelvis preventionsstrategier och syftar till att hitta och förstå riskgrupper och riskfaktorer bättre. SSM bevakar forskningen inom UV-området genom ett vetenskapligt råd som årligen tar fram en sammanställning av kunskapsläget och ger råd och vägledning till myndigheten i frågor där det krävs en vetenskaplig prövning, se även rapporten för 2017 [9].

Det utvecklas idag mycket ny teknik som använder EMF, till exempel för diagnostik och terapi inom sjukvården samt trådlös kommunikation och induktiv laddning av mobiltelefoner och fordon. Många produkter alstrar också EMF som oönskad biprodukt.



Det gäller till exempel och elektrifierade fordon, hemelektronik och svetsar. Samtidigt satsas mindre medel än tidigare i västvärlden på forskning som undersöker hälsoeffekterna av EMF. En trolig orsak är att man inte har kunnat visa på hälsorisker med svaga elektromagnetiska fält förutom en misstanke gällande kopplingen mellan barnleukemi och lågfrekventa magnetfält från kraftledningar. Samtidigt finns det i samhället ett ifrågasättande av vissa delar av strålsäkerhetsområdet som gäller EMF, särskilt kopplat till ny teknik. Studier som rör mobilanvändning på lång sikt är fortsatt viktiga, då det är en relativt ny teknik och det finns få studier gjorda på barn. Det är också viktigt att följa forskning som rör annan ny EMF-alstrande teknik. Begränsade forskningsmedel har lett till att forskargrupper och utbildning på området bedrivs med låg intensitet. SSM bevakar forskningen inom EMF-området genom ett vetenskapligt råd som årligen tar fram en sammanställning av kunskapsläget och ger rekommendationer till myndigheten om forskningsbehov eller behov av att kommunicera och ge råd, se även rapporten för 2017 [10].

När det gäller risker med laser pågår relativt lite internationell forskning. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) gjorde en genomgång av kunskapsläget som publicerades 2013. Stora kunskapsluckor finns när det gäller kosmetisk användning av laser, IPL och andra applikationer (RF och ultraljud). Denna teknik tas fram och prövas i snabbare takt än forskningen. I strålskyddslagen krävs att utövaren ska ha tillräcklig kunskap men det finns i praktiken ingen utbildning som är kvalitetssäkrad.

4.5. Samhälleliga förändringar

Även förändringar inom det omgivande samhället påverkar hur verksamheter och därmed också kompetensbehov utvecklas inom strålsäkerhetsområdet. SSM har i dialog med tillståndshavare, lärosäten och andra kartlagt vilka förändringar som väntas på lång sikt. Följande skiften och globala trender noteras vara relevanta för strålsäkerhetsområdet:

- Digitalisering och automatisering
- Fortsatta klimatförändringar
- Energisystemet genomgår omfattande omvandling
 - Fortsatt utbyggnad av förnybara energikällor
 - Ökad överföringskapacitet i elnätet till Europa
 - Värdering av systemtjänster i elnätet
 - Fortsatt nybyggnation av kärnkraft i flera delar av världen
- Nya kommunikationsmedier
- Försämrat säkerhetsläge och återuppbyggnad av ett totalförsvaret
- Sammanslagning av strålskyddsfrågor för både människor och miljö

Digitalisering och automatisering är drivkrafterna bakom den ökande komplexiteten i tillämpningar av strålning inom vården. Big data, Artificiell Intelligens (AI) och särskilt maskinlärning, Artificiell Intelligens (VR) och Augmented Reality (AR) samt robotisering för med sig nya analysinstrument för övervakning av kärnkraftverken. Utvecklingen påverkar vilka typer av kompetenser och befattningar som kan bli aktuella inom all verksamhet med strålning.

Klimatfrågan och målet om 100 procent förnybar energi är högst aktuell under lång tid framöver. Hur kärnkraftsindustrin framställs i relation till den frågan kan göra nationell kompetens inom kärnkraft till en angelägen samhällsfråga.

Hela energisystemet och därmed elmarknaden genomgår en betydande utveckling som ställer branschen inför nya villkor. Utbyggnaden av elproduktion från förnyelsebara



energikällor har de senaste åren inneburit en prispress, men prognoser tyder på ett lite högre prisläge framöver. Prisläget kommer även att påverkas av överföringskapaciteten och integrering av elnätet med övriga Europa. Med fler energikällor med olika egenskaper finns också en förväntan att systemtjänster som stabiliserar elnätet kan bli en intäktskälla. Kärnkraften kan även bli föremål för kraftreglering, även om det inte förväntas bli aktuellt i Sverige.

Det finns en betydande nybyggnation av kärnkraft i världen, både på nära och långt håll. Samtidigt sker dock även avveckling på nära håll, som i Tyskland. Branschens utveckling utanför landets gränser har potential att påverka dels diskursen kring kärnkraft, dels tillgången till kompetens internationellt.

Nya kommunikationsmedier innebär ett behov av nya kompetenser för att kommunicera grundläggande förståelse för strålsäkerhet och risker till allmänheten i det nya medielandskapet.

Sannolikheten för kärnvapenanvändning, även från terrorism inklusive potentiell användning av smutsiga bomber, har ökat med ett allmänt försämrat säkerhetsläge. I den nationella politiken avspeglas detta i etableringen av det nya totalförsvaret. Det sämre säkerhetsläget kräver kompetenser inom medicinska specialiteter inom katastrofmedicin. Kärnkraftsindustrin kommer också behöva ha kompetens och beredskap för att delta i totalförsvarsuppbyggnad och övningar.

Det internationella strålskyddssamfundet går mot en samlad behandling av skyddsfrågor för både människor och miljö, en utveckling som kommer att få genomslag även i Sverige och ställa krav på den nationella kompetensen.

5. Kompetensbehov hos arbetsgivare

Nedan följer en genomgång av de kompetensbehov hos tillståndshavare som framkommit under utredningens datainsamling. Genomgången är uppdelad per verksamhetsområde: kärnteknisk verksamhet, medicinsk verksamhet samt övriga strålningsverksamheter. En översikt av SSM:s kompetensbehov avslutar kapitlet.

Resultatet visar att det finns ett fortsatt behov av kompetens inom strålsäkerhetsområdet. Överlag dominerar förväntningar om att arbetsstyrkan inom strålsäkerhetsområdet kommer att vara som idag, och det är fler som förväntar sig öknningar än minskningar.

5.1. Kärnteknisk verksamhet

Datainsamlingen ger en bild av en bransch med långsiktiga behov av kompetens och en relativt stor omsättning av personal. Med energiöverenskommelsen [11] har kärnkraftsägarna en planeringshorisont på 60 års drifttid, vilket betyder att kärnkraftverken kan komma att drivas fram till ca 2040. Kompetensförsörjning för långtidsdrift, avveckling och avfallshantering kommer därför att vara av stor betydelse under flera år.

På kort sikt kommer branschens behov till stor del att lösas genom kompetensväxling. Nyrekrytering pågår också - ett exempel på lyckad sådan är det traineeprogram som Vattenfall arrangerar med start 2018. Efter annonsering på bl.a. sociala media och i tidningar blev sökintresset högt. Kompetensbehovet fylls också delvis av utrikesfödda som fått sin utbildning i Sverige. De högre utbildningarna lockar till stor del internationella studenter, och att ett antal stannar i Sverige efter genomförd utbildning går att skönja i statistiken över anställda i kärnkraftsindustrin.

Driftspersonal med kompetens inom strålning utgör en betydande del av kärnkraftsindustrins rekryteringsbehov. Denna kategori är också den som samlar flest antal anställda. Merparten får sin utbildning i strålningsrelaterade frågor efter anställning. Här syns enligt enkätundersökningen minskande rekryteringsbehov till följd av avvecklingen av reaktorer. Kärnkraftindustrin har dock rekryteringsbehov på både kort och lång sikt för att upprätthålla den kompetens som krävs för att driva kärnkraftsreaktorerna så länge som energiöverenskommelsen [11] avser.

Samtidigt kommer antalet anställda med kompetenser inom strålning som är mindre direkt kopplade till drift att vara relativt stabil på 15 års sikt. Denna personalkategori har i regel spetskompetens med högskoleutbildning som är fem år eller längre. Spetskompetensen behövs oavsett antal reaktorer i drift, och behovet av att rekrytera den typen av kompetens uppskattas till ett tiotal årligen för branschen som helhet.

Avvecklingen av reaktorer innebär enligt datainsamlingen att behovet ökar vad gäller kompetens som behövs för avveckling och avfallshantering. Uppförandet av slutförvarsanläggning och inkapslingsanläggning (Clink) för använt kärnbränsle bidrar också till att skifta industrins kompetenssammansättning. För drift av slutförvarsanläggningen väntas en ökad efterfrågan på kompetenser inom mätteknik, dosimetri och strålskydd, och för uppförandet av slutförvaret ett ökat behov av kompetens inom kärnkemi.

I linje med att huvuddelen av de anställda får sin sektorspecifika kompetens inom ramen för sin anställning, har tillståndshavarna i enkätundersökningen angett att de anordnar omfattande internutbildningar. Arbetsgivarna värdesätter även den yrkeserfarenhet som uppstår under arbetets gång, och frigör tid för personalens kompetensuppbyggnad i det dagliga arbetet. Vidareutbildning inom den kärntekniska industrin domineras av de



obligatoriska strålskyddsutbildningarna och operatörernas återträningar. Även här finns en koppling till universitetens forskning och forskarmiljöer för att intern- och vidareutbildningarna ska vara baserade på de senaste forskningsrönen. En möjlig brist i detta sammanhang är att graden av formalisering av utbildningar och kompetensnivåer är låg: internutbildningar och yrkesmässigt uppbyggd kompetens är svåra att mäta och värdera. Arbetsgivarnas behov av specifik kompetens och utbildningssystemets utbud är således inte synkroniserat, och nationellt standardiserade utbildningar och yrkesgrupper saknas.

5.2. Medicinsk verksamhet

Enligt datainsamlingen förväntas arbetsstyrkan inom sjukvården att öka. Rekryteringsbehoven inom de aktuella yrkesgrupperna är också stora. Detta speglar också samhällets övergripande utmaning att rekrytera personal till sjukvården, och kanske försvåras utmaningen inom de strålsäkerhetsrelaterade yrkesgrupperna av att dessa kräver kompetens också inom ett tekniskt område utöver vård- och omsorgskompetensen. Undersökningen har även bekräftat att bristen är större i antal personer inom diagnostiska tillämpningar, men att kompetensbehovet är djupare och mer specialiserat inom strålbehandling.

Kommande förändringar av verksamheterna som nya, mer avancerade och komplexa metoder eller tekniker, samt ökad användning av befintliga tekniker, medför ett skifte för främst sjukhusfysiker. Kraven på tekniskt kunnande kommer att öka samtidigt som mer automatisering effektiviserar arbetet. På en öppen fråga om vilka andra kompetenser som kommer att tillkomma har respondenterna i liten utsträckning identifierat nya kompetensbehov. Några har nämnt system- och datavetare, samt kompetenser för att arbeta på hybridlaboratorier eller att kunna både nuklearmedicin och datortomografi.

Representanter från aktuella lärosäten har angett att det inom de medicinska legitimationsutbildningarna (röntgensjuksköterska, sjukhusfysiker, läkare, tandläkare, specialistsjuksköterska onkologi) utbildas tillräckligt många i nuläget för att uppfylla kompetensbehoven i stort, men det finns farhågor om att kommande pensionsavgångar bland sjukhusfysiker, röntgensjuksköterskor och onkologisjuksköterskor för med sig svårigheter att fylla behoven. Redan idag har sjukhusen i norra Sverige samt utanför storstadsregionerna svårigheter att hitta erfaren kompetens, även om det i flesta fall finns möjligheter att rekrytera nyutbildade.

I intervjustudien har angetts att pensionsavgångarna bland sjukhusfysiker kan bli svåra att hantera, då de som går i pension har både djup och bred erfarenhet medan dagens utbildning i högre grad fokuserar på spetskompetenser. Sjukhusfysikerutbildningen upplevs som att den har blivit snävare sedan den blev en legitimationsutbildning, samtidigt som den måste täcka många ämnen och tvärvetenskapliga områden. Strålskyddsrelaterade ämnen konkurrerar därför med andra ämnen, vilket riskerar att den allmänna strålskyddskunskapen bland sjukhusfysiker minskar. Det finns ett kompetensgap mellan den bredare strålskyddskunskapen och dagens utbildningar och många upplever att det saknas en grundutbildning. Ett exempel på detta är att när kärnkraftsindustrin, i sitt behov av strålskyddsexperten, anställer medarbetare med en sjukhusfysikerutbildning är dessa sällan förberedda på att arbeta i inom industrin.

Utbudet av utbildning inom det medicinska och närliggande områden har i huvudsak en omfattning och inriktning som stämmer väl överens med arbetsgivarens kompetensbehov i jämförelse med inom andra för utredningen aktuella områden. Däremot upplevs mängden faktiskt utbildade som otillräcklig för att fylla behoven i vissa delar av landet. Inom vårdverksamheter finns en hög grad av formalisering med reglerade yrkesgrupper som har



motsvarande legitimeringsutbildning, även om vissa utbildningar skulle behöva kompletteras. Exempelvis finns för cancerläkare med inriktning strålterapi ingen formell utbildningsstatus och det finns ett stort behov av såväl utbildning som efterutbildning, med åtföljande rekryteringsbehov.

I farmaceututbildningen utgör radiofarmaciinneåll - strålningsbiologi, radiokemi och förståelse för dosbegrepp - förvisso endast en liten del av utbildningen, men är ytterst angelägen för att säkerställa kompetensförsörjningen av välutbildade farmaceuter i radiofarmaciproduktion.

Ett problemområde som har aktualiserats i och med det ändrade säkerhetspolitiska läget och uppbyggnaden av totalförsvaret, är den medicinska beredskapen för strålningsincidenter. Denna beredskap är instabilt organiserad och gravt underfinansierad. Trots växande och mer komplex användning av strålning inom medicin, fortsatt kärnkraftsutbyggnad internationellt samt en tilltagande nukleär vapenhotbild, saknas långsiktig kompetensuppbyggnad för handläggning av akuta och sena strålskador efter höga och låga stråldoser. Utbildningen i strålningsmedicin är otillräcklig och okoordinerad. Detta gäller både för personal vid cancerbehandlande enheter, där patienter exponeras för höga stråldoser, och för bredare yrkesgrupper som möter frågor om låga stråldoser och sena strålskador.

5.3. Övriga strålningsverksamheter

Gruppen tillståndshavare och anmälningspliktiga inom övriga verksamheter med joniserande strålning är stor och heterogen. Där finns bl.a. strålkällor för industriell radiografering, industriell kvalitets- och nivåmätning, produktkontroll inom tillverknings- och livsmedelsindustri samt veterinärmedicinsk verksamhet. Här ingår även installation, service och underhåll av de strålkällor som används inom gruppen. Strålkällorna kan vara öppna och slutna strålkällor och inbegriper också slutna strålkällor med hög aktivitet (HASS). De kan också vara tekniska anordningar som röntgenutrustningar eller accelerators. För att kunna säkerställa att verksamheten bedrivs strålsäkert behöver flertalet verksamheter en strålskyddsexpert.

Huvuddelen av den här gruppen har i enkätundersökningen angett att de inte ser några kommande förändringar som påverkar kompetensbehovet framöver. I vissa av verksamheterna sker en rationalisering där strålkällor ersätts av annan teknik, samtidigt som användning av strålkällor ökar i andra verksamheter, men den dominerande uppfattningen är att verksamheten förväntas vara likartad de kommande 10-15 åren. En klar majoritet förväntar sig liknande personal- och kompetensnivåer i framtiden.

Inom den här gruppen finns endast några få strålsäkerhetsrelaterade kompetenser på akademisk nivå. Huvuddelen utgörs istället av tekniker eller ingenjörer som vidareutbildas i yrkeslivet genom strålskyddskurser. Utbudet av kurser är dock begränsade och kan inom vissa områden betraktas som obefintliga. En aktör som skulle kunna erbjuda både kortare utbildningar och gedigna utbildningar för strålskyddsexperter efterfrågas från många håll.

Den låga graden av standardisering, tillsammans med fragmenteringen i beskrivningen av kompetenser särskilt när det gäller ingenjörer och tekniker, gör att det utanför vårdområdet är svårt att ge en samlad bild av en gemensam arbetsmarknad för personer med kompetens inom SSM:s ansvarsområde. Strålskyddsexpert är den tydligast reglerade kompetensen. Därutöver finns en blandad grupp av strålskyddstekniker, strålskyddsingenjörer och andra ingenjörer som handhar instrument och strålkällor. Denna grupp är stor, ofta med gymnasie- eller högskoleingenjörsutbildning men utan särskild inriktning



mot verksamheter med strålning, och finns i någon form inom alla verksamhetsområden i strålsäkerhetsområdet.

Inom veterinärverksamhet stämmer matchningen mellan utbildningssystemets utbud och arbetsgivarens behov av arbetskraft bättre överens. Ett exempel är att djursjukskötart utbildningen relativt nyligen förlängts till tre år och där det strålningsrelaterade innehållet, i det här fallet röntgen, fått ökat utrymme.

Inom tand- och veterinärvård är rekryteringsbehoven enligt enkätundersökningen däremot mer stabila, men ett visst ökat behov kan finnas relaterat till införandet av ny utrustning och ny teknik. Det handlar om Cone Beam Computed Tomography (CBCT) inom tandvården respektive utrustning för datortomografi samt tandröntgen inom veterinärvården.

Strålsäkerhetskompetens med anledning av det skärpta säkerhetspolitiska läget har inte innefattats i denna utredning. Regeringens beslut om att återuppta totalförsvarsplaneringen innebär att ett antal myndigheter behöver kunna planera inför och hantera akuta och långsiktiga konsekvenser av radiologiska och nukleära händelser. Som några remissinstanser påpekat, kräver detta kompetenser inom strålningsrelaterade vetenskaper.

5.4. Strålsäkerhetsmyndigheten

SSM:s kompetensförsörjning lyfts också fram i regeringsuppdraget. Medarbetarna på SSM har till största delen utbildning på universitets- eller högskolenivå, en stor andel är disputerade och många har flerårig erfarenhet av de verksamheter som de utövar tillsyn över. För vissa befattningar har SSM krav på att den anställde ska vara disputerad inom sitt område. Några vanliga kompetenser är materialteknik, beteendevetenskap, komplexa analyser (DSA/PSA), röntgensjuksköterskor och tandläkare, samt inom fysik inriktningarna sjukhusfysiker, strålnings-/radiofysik och kärnfysik.

Kompetenssammansättningen bedöms i stort sett inte förändras i överblickbar tid. Dock behövs kompetensförstärkning inom vissa områden, som till exempel radon, accelerators, nya tillämpningar av icke-joniserande strålning (trådlös teknik, kosmetiska lasrar), avfallshantering och friklassning. Arbetsvolymen inom strålsäker kärnkraft bedöms minska under de kommande åren men öka inom bland annat strålsäker hantering av radioaktivt avfall.

SSM har välutbildade och erfarna medarbetare men har också ett behov av att attrahera nya experter och att befintliga medarbetares kunskap och kompetens ständigt utvecklas. I många fall saknas relevanta vidareutbildningar såväl inom kunskapsområdet som i rollen som tillsynstjänsteman. Kompetensbrist kan uppstå inom områden där vidareutbildningar saknas och kompetens i huvudsak fås genom erfarenhet.

För att säkerställa att rätt kompetens finns tillgänglig använder SSM även andra sätt än utbildningar för kompetensutveckling. Erfarenhet ger kunskap och kompetens, och inte sällan rekryteras medarbetare med lång praktisk yrkeserfarenhet från tillståndshavarna. Det mesta av vidareutbildningen inom kompetensområdena sker genom erfarenhetsöverföring, nationell och internationell facksamverkan, omvärldsbevakning, deltagande i internationella konferenser och möten inom ramen för internationella samarbeten samt via självstudier och deltagande i forskningsprojekt. Det finns enstaka kurser att tillgå på de svenska lärosätena, och även internationella kurser som ges bland annat i IAEA:s regi. Behovet av vidareutbildningen kommer troligtvis ligga kvar på samma nivå inom den närmaste framtiden.



6. Lärosätenas utbildningar

Nedan följer en genomgång av den lägesbild som framkommit från intervjuer med representanter för lärosätena. Avsnittet är uppdelat i kärnteknik, medicinsk strålningsvetenskap och övrig strålningsvetenskap.

Nedläggningar, nedskärningar och negativ kommunikation kring kärnkraftsindustrins förväntade behov har gjort att kärnkraften inte anses som en framtidsbransch. Det har lett till färre sökande till kärntekniska utbildningsprogram och också att program inte ges längre, även om söktrycket varierat mellan lärosätena.

Inom strålningsvetenskaperna finns ett relativt stabilt söktryck till legitimationsutbildningarna inom medicinsk strålning.

Kritiska problem gällande utbildningskapacitet finns inom strålningsbiologi och radioekologi, små specialiserade områden där Sveriges kompetens idag är personberoende.

Gemensamt för utbildningsverksamheten är att om antalet studenter minskar innebär det att det inte blir ekonomiskt hållbart för universiteten och högskolorna att bedriva undervisning. Utbildningarna är beroende av både söktryck från potentiella studerande och möjligheterna till arbete både inom och utanför akademien.

6.1. Kärnteknik

Av genomförda intervjuer med representanter för lärosätena framgår att antalet studenter på fördjupande kärntekniska utbildningsprogram har minskat, både på program och enskilda kurser. Den främsta förklaringen som angetts är att kärnkraften inte längre anses vara en framtidsbransch. Kommunikationen kring nedläggningarna, kärnkraftsolyckan i Fukushima och framför allt att det förväntas bli svårare att få arbete inom branschen gör att utbildningarnas attraktivitet har dalat, särskilt bland svenska studenter.

Svårigheten i att attrahera studenter varierar dock mellan institutionerna. Chalmers tekniska högskola (Chalmers) och Uppsala Universitet (UU), båda med ett svenskt fokus på sina utbildningar, har haft svårt att fylla sina platser. Antalet antagna till UU:s högskoleingenjörsprogram minskade från 20 personer vid intag höstterminen år 2012 till 3 personer vid intag höstterminen år 2016, varefter programmet sattes på paus. Liknande utveckling ses vid Chalmers som har lagt ned sitt program på grund av vikande studenttillströmning. Kungliga tekniska Högskolan (KTH) som har hållit en internationell profil har däremot inte haft svårigheter att attrahera studenter till sina kärntekniska program och kurser.

Enligt lärosätena visar de studenter som väljer att studera kärntekniska program eller kurser ofta ett stort intresse för ämnet, med få avhopp sedan utbildningarna väl har påbörjats. Det finns enligt uppgift också ett förhållandevis stort intresse för att doktorera inom kärnteknik, speciellt från internationellt håll, och lärosätena upplever inga svårigheter att attrahera doktorander till de platser som anslås. Detta märks särskilt på KTH, som har en tydlig internationell profil. Det finns på vissa håll farhågor för att det internationella intresset kan påverka den nationella kompetensförsörjningen, om många av de disputerade skulle välja att lämna Sverige efter genomförd disputation. Samtidigt visar statistiken (Bilaga 4) att 21 procent av anställda med forskarutbildning är utrikesfödda. Varje doktorandtjänst som anslås får in många kvalificerade ansökningar, något som enligt intervjuerna delvis kan förklaras av att KTH av finansieringsskäl minskat antalet doktorandtjänster.



Representanter från lärosätena har angett att industrin tidigare har stått för en betydande del av finansieringen av både forskning och utbildning, men i och med beslut om avveckling av fyra reaktorer har finansieringen avtagit. Undervisningen följer den forskning som sker såväl nationellt som internationellt, och flertalet institutioner har även tillgång till bra intern infrastruktur och samarbetar externt med t.ex. Barsebäck i sin undervisning. Detta är dock en resurs som kommer att upphöra i och med att Barsebäck rivs.

Med nuvarande lärarresurser och infrastrukturer har universiteten och högskolorna enligt egen utsago kapacitet att utbilda fler än vad de gör i dagsläget. Detta även om en viss oro nämns över att många äldre lärare närmare sig pensionsåldern och det saknas yngre kompetens som kan ta över. Det finns en uppenbar risk att institutionernas utbildningskapacitet minskar om de förlorar lärare. Att utbildningsprogram läggs ner eller pausas kan också medföra avsevärda svårigheter att återstarta eller nyetablera utbildningar, eftersom de frigjorda resurserna snabbt absorberas av andra utbildningar. I de flesta fall bekostas också undervisningen nästan uteslutande av undervisningsanslag som baseras på antalet studenter på en kurs eller i ett program. Detta innebär att en minskning av antalet studenter automatiskt ger minskade anslag. Flera utbildningar har endast kunnat drivas med stöd från industrin, däribland MSc Nuclear Science and Technology på Chalmers med bidrag från E.ON. och högskoleingenjörsprogrammet på UU som fick stöd av Vattenfall och OKG (den ena utbildningen nu nedlagd, den andra satt på paus).

6.2. Medicinska vetenskaper

Enligt representanter för lärosätena har söktrycket till legitimationsutbildningarna varit stabilt under senaste fem åren. Söktrycket varierar mellan institutionerna, men de flesta utbildningarna får sina platser fyllda. Det anses i dagsläget inte finnas något behov av att utöka antalet platser på programmen, eller att öka antalet institutioner som erbjuder programmen. Legitimationsutbildningarna⁴ upplever dock en del avhopp. Förklaringen till detta anses främst vara att utbildningarna är svåra och kräver förmågor och intressen inom flera områden såsom matematik, fysik, teknik, medicin och omsorg. På röntgensjuksköterskeutbildningarna har man emellertid på senare år lyckats öka genomströmningen och minska antalet avhopp. Andelen internationella studenter anges vara låg, vilket kan förklaras av att majoriteten av undervisningen sker på svenska och att det ställs krav på kunskaper i svenska språket för att få legitimation.

Det finns ett nära samarbete med arbetsgivarna, främst genom landstingen, och studenter har tillgång till sjukhusens laboratorier och övriga faciliteter. En del av undervisningen bedrivs också av föreläsare från arbetsgivarna, speciellt inom de kliniska ämnena. Det saknas inte lärarresurser, och antalet studenter begränsas huvudsakligen av infrastrukturer och faciliteter då t.ex. laboratorier ofta har begränsad kapacitet. Det har dock påpekats att verksamheten i vissa delar, i synnerhet för sjukhusfysikerutbildningen, är underfinansierad på grund av den tilldelningsmodell som tillämpas. Det relativt låga antalet studenter på utbildningen medför hög belastning på lärare och stor välvilja från landstingets verksamheter som deltar i utbildningen.

Det finns enligt uppgift goda möjligheter att bibehålla den nuvarande utbildningskapaciteten inom legitimationsutbildningarna, under förutsättning att finansieringen inte minskar och att samarbetet med landsting och arbetsmarknad fortsätter som idag. Att studenterna även fortsatt ska attraheras av utbildningarna anses vara kopplat till möjligheterna till arbete efter avslutad utbildning. I nuläget är det flera utbildningar som fyller sina platser, men på grund av avhopp utbildas inte det antal som det finns

⁴ Röntgensjuksköterska, sjukhusfysiker, läkare, tandläkare, specialistsjuksköterska onkologi



kapacitet till. Av intervjustudien framkommer även uppfattningen att kompetensen i norra Sverige behöver stärkas - regionen är speciellt utsatt då det stora område som täcks innebär att det måste finnas en geografisk spridning av kunskapen.

Inom den kliniska verksamheten förekommer idag en ständigt ökande användning av joniserade strålning, inom exempelvis verksamheter som utför nuklearmedicinska undersökningar, PET-undersökningar och radionuklidterapi. Detta ställer ökade kunskapskrav på personalen. Läkare- och sjuksköterskeutbildningarna, inklusive specialistutbildningarna, lyckas i dagsläget inte helt täcka dessa behov. På vissa håll har initiativ för nya utbildningsprogram tagits för att öka kunskapen inom dessa områden för några yrkesgrupper.

6.3. Övriga strålningsvetenskaper

Utredningen ger vid handen att områdena strålningsbiologi och radioekologi fortfarande har en svår situation. Utbildningen inom dessa områden utgör sällan mer än en enskild valbar kurs, eller en liten del av en kurs, och studenter rekryteras för att genomföra examensarbeten eller forskarutbildning. Enligt ansvariga lärare finns kapacitet att utbilda i nuvarande låga skala, men risken finns att återväxten av forskare är för liten för att utbildning ska kunna fortsätta att bedrivas på sikt. Även i dagsläget är undervisningen ofta beroende av externa lärare, då det inte alltid finns tillräckligt med kompetens på universitetet. I intervjuerna med representanter från lärosätena lyfts perspektivet att det kan bli svårigheter att snabbt skala upp ifall dessa frågor skulle återaktualiseras som vid t.ex. en kärnkraftsolycka i närområdet.

Det har påpekats att de svårigheter som områdena strålningsbiologi och radioekologi brottas med även påverkar strålningsmedicinen, t.ex. rörande strålbehandling och strålskyddsbereskap, på grund av områdenas tvärvetenskapliga natur.



7. Samhällets behov av vetenskaplig expertis

Nedan följer en sammanställning av den lägesbild som framkommit under utredningen. Sammanställningen är uppdelad i områdena kärnteknik, medicinsk strålningsvetenskap och övrig strålningsvetenskap. De två sistnämnda redovisas i samma underavsnitt.

Bristen på forskningsfinansiering berör alla ämnesområden, men är speciellt påtaglig inom kärntekniken samt strålningsvetenskapliga ämnen som strålningsbiologi och radioekologi.

7.1. Kärnteknisk forskning

Lärosätenas representanter upplever att det mest kritiska problemet för den kärntekniska forskningen är svårigheterna att få finansiering från svenska finansörer. Framförallt har finansieringen från industrin minskat avsevärt, och samma gäller för anslagen från forskningsråden. Flertalet forskare inom området är enligt uppgift numera helt beroende av extern finansiering för att kunna bedriva sin forskning. De minskade forskningsmedlen har inneburit att många institutioner behövt minska sin personalstyrka de senaste 5–15 åren. Enligt intervjustudien läggs stort fokus inom forskningen på att etablera och driva nätverk och samarbeten i olika former eftersom en stor del av den internationella finansieringen kräver detta. Samtidigt anses den djupa kärntekniska forskningen vara svår att kombinera med andra forskningsfält och tillämpningar, vilket begränsar möjligheten till samarbete i tvärvetenskapliga projekt.

Forskningen saknar basfinansiering vilket innebär att finansieringen numera till stor del består av projektanslag. Denna finansieringsform bidrar till en osäkerhet inför framtiden, speciellt bland unga forskare utan fast anställning på universiteten. Företrädare för lärosätena menar att en forskarkarriär inte upplevs som attraktiv, och många disputerade väljer att istället gå till industrin, vilket riskerar att negativt påverka återväxten av forskare.

För att attrahera duktiga studenter och unga forskare, och därmed säkerställa återväxten av kompetenser, anses det vara viktigt att den forskning som bedrivs ses som spännande och aktuell. Ett exempel är forskning på fjärde generationens reaktorer. Men samtidigt är det angeläget att kompetenserna kan bibehållas inom den typ av reaktorer som finns i Sverige i nuläget. Denna problematik återfinns inom de kärntekniska verksamhetsutövarnas egna analyser kring kompetensförsörjning där nyutbildades kompetenser inom äldre teknik identifieras som en brist.

För att forskningskapaciteten ska bibehållas krävs mer och strategisk finansiering. Sverige behöver fortsätta att arbeta långsiktigt för att behålla kompetensen inom de kunskapsområden som är aktuella för den kärntekniska branschen. Utan denna breda grundkompetens är det stor risk att den nationella kompetensen försvinner. Det krävs även andra initiativ som exempelvis Vetenskapsrådets utlysning inom kärnteknik hösten 2017⁵ som under ett antal år tillför 15 miljoner kronor per år till ett forskningsområde som angränsar till de forskningsområden som är kritiska för strålsäkerheten. Sådana utlysningar stärker det forskningsekosystem som de för strålsäkerheten sårbara forskningsmiljöerna är en del av, samtidigt som de ger ett kompetenstillskott vad gäller den typ av reaktorer som finns i Sverige i dag.

⁵ För forskning kring fjärde generationens kärnreaktorer, för mer information, se <<https://www.vr.se/forskningsfinansiering/sokabidrag/vetenskapsradetsutlysningar/stangdautlysningar/projektbidragforforskningomnykarnteknik.5.41566e4915b6b11210523c77.html>>

7.2. Medicinska och övriga strålningsvetenskaper

Strålningsvetenskaperna har liksom det kärntekniska området svårigheter med forskningsfinansiering. Större delen av forskningen anges vara externt finansierad. Enligt uppgifter från intervjustudien finns det mindre finansiering att söka än tidigare och det har blivit svårare att få finansiering. Störst möjlighet till finansiering uppges finnas inom den tillämpade forskningen, speciellt inom cancerforskningen. Även om det är ovanligt att rena strålningsrelaterade projekt får finansiering från finansiärer som exempelvis Cancerfonden, finns det möjligheter att gå med i projekt där strålning utgör en mindre del. Stort fokus läggs på att etablera och driva nätverk och samarbeten i olika former eftersom en stor del av finansieringen är EU-relaterad vilket kräver internationella samarbeten.

Lärosätenas representanter i intervjustudien har angett att det finns ett ökande intresse för forskning bland studenter och det har blivit vanligare att doktorera, speciellt bland röntgensjuksköterskor. Resursbristen innebär dock att finansieringen för doktorander i de flesta fall måste hittas externt. Graden av internationalisering bland studenter och doktorander varierar mellan universitet och vetenskapsområden. Precis som med studenter finns en hög andel svenska doktorander inom sjukhusfysik och röntgensjuksköterskor, medan det inom strålningsbiologi och radioekologi är vanligare med internationella doktorander. Många internationella studenter uppges lämna Sverige efter avslutad utbildning. Då strålningsbiologi och radioekologi upplever finansieringsbrist, är det även vanligt att svenska doktorander som disputerat går till arbeten utanför akademien istället för att påbörja en forskarkarriär.

I intervjuerna har en särskild oro lyfts över EU:s forskningsfinansiering. Då större aktörer i Europa dominerar arenan, exempelvis forskningsinstitut i länder som Frankrike, Tyskland, Belgien och England, har dessa ett större inflytande när det gäller forskningsfrågor och -finansiering än en mindre nation som Sverige. Särskilt har radioekologi nämnts som ett forskningsområde som riskerar att prioriteras ned av EU:s forskningsfinansiering.

Den bild som framkommer är att det finns behov av att förstärka den strålningsmedicinska forskningen inom grundforskning, epidemiologi och tillämpad behandlingsinriktad forskning. Till detta kommer utmaningen med att större radiologiska händelser och olyckor är sällsynta samtidigt som kompetensbehoven är stora och momentana om en sådan skulle inträffa. Dessutom upplevs forskning inom detta område inte alltid som vetenskapligt intressant ur de stora forskningsfinansiärernas perspektiv. Detta är en problematik som delas med radioekologi och strålningsbiologi.

Forskningsverksamhetens konstanta jakt på finansiering uppges dessutom resultera i att anställda måste använda tid att hitta internationell finansiering på bekostnad av undervisning.

8. Analys

8.1. Övergripande brister

8.1.1. Nationell samlad strategi saknas

Kompetensförsörjningsfrågan inom strålsäkerhetsområdet har inte hanterats samlat på ett strategiskt och samordnat sätt i Sverige. Detta har också uppmärksammats av IAEA:s IRRS-granskning av Sverige som genomfördes 2012 [2] och 2016 [3] i vilken IAEA pekar på en osäkerhet med fragmentering i flera institutioner och läroverk. IAEA lyfter dessutom fram den framtida situationen med avveckling av kärnkraftverk. Rekommendationen slog fast att Sverige inte har en nationellt fastställd policy och strategi för den svenska kompetensförsörjningen inom strålsäkerhetsområdet, vilket krävs enligt IAEA standarder.

En nationell kompetensförsörjningsstrategi är en fråga som berör många aktörer. Motsvarande frågeställning om kompetensförsörjning adresserades i Finland under början av 2010-talet och gjordes till en fråga för fyra departement och underliggande myndigheter, [12]. I SSM:s aktuella uppdrag finns en skrivning om att samverka med andra forskningsfinansiärer, något som är nödvändigt för att möjliggöra en nationell styrning av kompetensförsörjningen, och som därför behöver institutionaliseras för att ges stabilitet.

En övergripande strategi och samordning skulle leda till ökad effektivitet i strålsäkerhetsområdets kompetensförsörjningssystem, bland annat genom att genomförda åtgärder skulle dra åt samma håll och möjligheterna att mobilisera resurser för att lösa problem skulle öka.

8.2. Kompetensbehov hos arbetsgivare

8.2.1. Kompetensbrist inom det kärntekniska området

Den kärntekniska industrin har haft utmaningar med att locka personal till branschen, vilket delvis förklaras av att bilden av en bransch i avveckling fick fäste innan energiöverenskommelsen [11] slöts. Men även om reaktorer nu avvecklas, kvarstår långsiktiga anställningsbehov då sex reaktorer förbereds för långtidsdrift. Den förestående avvecklingsperioden kräver ökad tillgång på kompetenser som behövs för avveckling, som avfallshantering, mätteknik och strålskydd. Med den bristande tillgången på personal finns risk att kapaciteten för den planerade långtidsdriften av kärnkraftsanläggningar och det planerade slutförvarsprojektet påverkas negativt.

Sedan Vattenfall genomfört en större rekryteringskampanj ibland annat sociala media, har man dock sett ett stort sökintresse. En slutsats som kan dras är att rekrytering är möjlig, men att den är mer kostsam än tidigare.

En grundläggande del av den kärntekniska branschens kompetens byggs upp i genomförandet av det vardagliga arbetet samt genom intern vidareutbildning. Så skapas exempelvis kompetenser som relaterar till konstruktion och verifikation av kärnkraftverk. Sådan kompetensuppbyggnad tar tid att få till stånd, och i en bransch som förlorar kompetenser genom pensionsavgångar och ökande omsättning av personal innebär detta en utmaning. Som tidigare konstaterats i utredningen finns det interna systemet för vidareutbildningar på plats. För att ta till vara på och utveckla den yrkesmässiga

kompetensen behöver arbetsgivarna även fortsatt möjliggöra för sin personal att använda vidareutbildningssystemet och ägna sig åt kunskapsutveckling.

8.2.2. Kompetensbrist inom vården

Kompetensförsörjningssystemets strukturella förutsättningar i den breda vårdsektorn framstår som goda och problemen därmed hanterbara. Inom berörda yrkesgrupper i vården finns i dagsläget dock en bristsituation. Bristerna i tillgång på personal innebär ökade kostnader för rekrytering och bristande vårdkapacitet. Störst antal personer behövs inom diagnostiska tillämpningar, som radiologer och röntgensjuksköterskor, men det råder också brist på läkare och sjuksköterskor inom terapeutiska tillämpningar som är mer specialiserade (det vill säga antalen är mindre men kompetenser som krävs är mer djupgående). Det finns även en geografisk dimension då det är svårt att få erfarenhet och specialiserad personal inom berörda yrkesgrupper utanför storstadsområdena.

8.2.3. Övriga sektorer

Utanför vården och den kärntekniska sektorn är kompetenssammansättningen fragmenterad. Det kan dock konstateras att samhällsutvecklingen går mot en allt ökande användning av strålningsbaserad utrustning, med elektrifierade transporter som ett exempel. Det finns även ett tydligt behov av att höja den nationella kompetensen relaterat till de nya strålsäkerhetsfrågor som verksamheten vid ESS ger upphov till, både för verksamma vid anläggningen och forskare på de svenska lärosätena.

8.2.4. Bristande standardisering av yrkesbeteckningar

Ytterligare en brist relaterar till problemet att strålsäkerhet som kunskapsområde inte sammanfaller med indelningen av strålsäkerhet som verksamhetsområde. Det är oklart i vilken utsträckning kompetenser är överförbara mellan olika verksamhetsområden och ibland även olika verksamheter inom samma områden. En bristande standardisering av kompetensprofiler, yrkesbeteckningar och befattningar innebär att rörligheten på arbetsmarknaden minskar med negativ påverkan som följd för såväl den enskildas möjligheter till karriärutveckling som matchningen på arbetsmarknaden. Möjligheten att kartlägga arbetsmarknaden och dess dynamik försvåras också.

8.3. Lärosätenas utbildningar

8.3.1. Brister i studenttillströmningen

Låg studenttillströmning är ett problem som sedan tidigare är välkänt inom strålningsbiologi och radioekologi där institutioner har lagts ner och ämnesområdet har försvunnit från universiteten [4] och [6]. I det aktuella utredningsarbetet har konstaterats att problemet med låg studenttillströmning nu även uppstått vid utbildningarna i kärnteknik där programmen inte längre ges vid två lärosäten av tre.

De flesta som rekryteras till kärnteknisk industri för arbete som kräver kompetens inom strålsäkerheten har inte sin utbildningsbakgrund i utbildningar med särskild inriktning mot kärnteknik. De kärntekniska utbildningarna fyller ändå en funktion utifrån två perspektiv: dels finns det behov av utbildade med specifik inriktning mot kärnteknik för vissa nyckelbefattningar, dels stärks forskningsmiljöerna inom området genom att anställda forskare delvis finansieras med grundutbildningsuppdrag. Grundutbildning i kärnteknik ger även industrin fördelar, då personal med högre nukleär kunskapsnivå snabbare kan vidareutbilda nyanställd personal mot befattningar som exempelvis reaktor- och

turbinoperatörer. Utbildningarna behöver därför vara förankrade både i industrin och vid forskningsinfrastrukturer, för att utbildningarna ska attrahera studenter, förse industrin med utbildad personal och vara möjliga att genomföra vid lärosätena.

Inom medicinsk och övriga strålningsvetenskapliga områden finns ingen motsvarande generell brist på studenttillströmning. Här finns ett tydligt integrerat och standardiserat kompetensförsörjningssystem som omfattar både utbildningsinstitutioner och arbetsgivare. Dock har vissa påtalat problem med genomströmningen på grund av lågt söktryck och lägre inträdeskrav. De problem som finns med enskilda yrkesgrupper är kända och finns på agendan hos berörda aktörer.

8.3.2. Mekanismer för att säkerställa samhällsviktiga utbildningar saknas

Med dagens marknadsstyrning av utbildningssystemet finns inga mekanismer för att säkerställa att samhällsviktiga utbildningar, till exempel de som är centrala för strålsäkerhetsområdet, inte läggs ned. Marknadsstyrningen baseras på att lärosätena får fakultetsmedel för de studenter som väljer att studera inom deras områden och med bristande studenttillströmning försämras institutionernas ekonomi varvid till sist utbildningar med låg tillströmning riskerar att läggas ned. Detta leder både till en urholkning av ansvariga forskningsmiljöers finansiering och till att ett begränsat antal studenter utbildas inom aktuella områden.

8.3.3. Möjligt behov av att säkerställa innehållet i utbildningar

En möjlig brist inom utbildningssystemet är också hur utbildningars strålsäkerhetsinslag kvalitetssäkras. Under uppdragets gång har deltagare från referensgruppen ifrågasatt nivån på strålnings- och strålskyddskompetens i vissa av vårdens legitimeringsutbildningar. SSM har även uppmärksammat detta i en utredning från 2014, [13], där det konstateras att ”Lärosätenas frihet att själva konkretisera Högskoleförordningens examensbeskrivningar i tydliga lärandemål på program- och kursnivå innebär att det kan förekomma betydande skillnader mellan olika yrkesutbildningar”. Det kan finnas ett behov av att utreda strålsäkerhetsinslagens kvalitet och förtydliga ansvarsfördelningen mellan Socialstyrelsen, lärosäten och SSM.

8.4. Vetenskaplig expertis

8.4.1. Central kärna av forskningsmiljöer underfinansierad

Inom det kärntekniska området finns kapacitet för forskning och utbildning, men finansieringen brister. SSM står inför risken att myndighetens forskningsbudget minskar givet att budgeten i dag täcks från avgifter per reaktor i drift och antalet reaktorer minskar. Samtidigt drar industrin av ekonomiska skäl ned på sina forskningsbudgetar och på sin finansiering av lärosätenas forskning och utbildning. Detta ställer den vetenskapliga expertisen inom de kärntekniska kunskapsområdena i ett prekärt läge med osäker framtid. Det mest negativa scenariot för det kärntekniska områdets utveckling skulle vara att samma sak händer som har hänt med de små nischade kunskapsområdena som strålningsbiologi och radioekologi, som båda har utarmats under en längre tid.

Inom strålskyddsforskningen finns behov av att betona att forskningen är strategiskt samhällsviktig, samtidigt som vissa av strålskyddskompetenserna får sin användning främst vid negativa händelser som större olyckor. Kompetenserna är främst förebyggande och efterfrågas inte i större omfattning i arbetsgivarnas vardag, något som gör att forskning inom området får svårt att hitta finansiärer och studenter inte uppfattar



kunskapsområdet som attraktivt. Det finns inte heller några incitament för de statliga forskningsfinansiärerna att samverka kring satsningar för att upprätthålla forskningsmiljöer inom de här områdena. Forskningen ses i dag varken som vetenskapligt intressant eller som tillämpad forskning med tillräckliga ekonomiska värden för att få finansiering från andra källor än SSM. Detta exemplifieras av att Vetenskapsrådets senaste utlysning inom kärnteknik till största del tilldelades frågeställningar inom fusion och fjärde generationens kärnkraft, och inte teknik i nuvarande kärnkraftverk - se även avsnitt 7.1. Detta samtidigt som den finansiering som kommer från SSM och kärnkraftsindustrin inte är tillräcklig för att fylla dagens behov.

Det har lett till en underfinansiering av en nödvändig central kärna av forskningsmiljöer som behöver finnas för att långsiktigt garantera strålsäkerheten. Ändå är forskningen nödvändig för att Sverige ska kunna dels arbeta proaktivt med säkerhet i tillämpningar av strålning, dels arbeta aktivt vid en strålningsrelaterad händelse oavsett om den inträffar nationellt eller utanför landets gränser. Djup och grundläggande kunskap i dessa frågor är avgörande när samhället ska bedöma och ta ställning till vilken risk som är rimlig för en viss verksamhet utifrån en strålskyddsfilosofi baserad på själva förståelsen av strålningens effekter. Filosofin konkretiseras i sin tur i krav på säkerhet som ställs i lagar, föreskrifter och ytterst i verksamheternas strålsäkerhetsarbete.

Strålningsbiologi och radioekologi är vetenskaper centrala för att förstå joniserande strålningens påverkan på organismer och bedömning av strålningsrisker, samt för förståelsen av hur radioaktiva ämnen sprids i miljö. Dessa vetenskaper har utarmats under längre tid och dagens nationella spetskompetens inom områdena är individberoende. Under de senaste tio åren har områdena upprätthållits endast genom en årlig riktad utlysning från SSM, och situationen är fortsatt osäker. Utan ytterligare insatser finns risk att vetenskaplig expertis inom de aktuella områdena försvinner från Sverige, vilket på sikt kan öka risken för och minska samhällets kapacitet att hantera incidenter. I dagsläget har exempelvis utbildningen i radioekologi vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), som lades ned 1997, ännu inte ersatts och forskningen inom reaktor fysik har sett kraftigt krympta anslag från till exempel Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) och Svenskt Kärntekniskt Centrum (SKC).

Även inom strålningsmedicinen är läget svårt. Strålningsmedicin inrymmer medicinska och biologiska effekter av joniserande och icke-joniserande strålning på mänskliga celler, individer och populationer. Effekterna inkluderar både akuta verkningar ("strålsjuka" och direkta strålskador) och sena verkningar (cancer, genetiska skador). Fram till slutet av 1990-talet bedrevs forskning av Statens strålskyddsinstitut (SSI) i samverkan med Karolinska sjukhuset, men sedan dess har forskningen vidmakthållits endast genom samverkan mellan Socialstyrelsen (SoS) och Karolinska Institutet. Det ekonomiska stödet från SoS var inledningsvis kraftfullt men har därefter minskat drastiskt, och stödet till medicinska forskningsprojekt har helt upphört från 2016. Såväl den faktiska medicinska beredskapen för strålningsincidenter som kompetensbevarandet är nu extremt personberoende och akut hotat.

Förutsättningarna att rekrytera kompetens från den internationella marknaden har diskuterats, men i de flesta av EU:s övriga medlemsländer är brist på kompetens inom strålskyddsområdet ett uttalat och allvarligt problem. Ett fåtal länder som Frankrike, Tyskland, Belgien och England utgör ett undantag, med starka forskningsinstitut inom sina nationella strålsäkerhetsmyndigheter. Förutsättningarna för att rekrytera internationellt är därför begränsade och särskilt i händelse av en kärnkraftsolycka kan inte beredskapen bygga på att Sverige kan rekrytera utländsk expertis.



Det finns således en kärna av forskningsområden som behöver finansieras för att säkerställa att det finns en nationell miniminivå av vetenskaplig expertis inom strålsäkerhetsområdet med tillräcklig inblick i de verksamheter med strålning som bedrivs i Sverige och med kapacitet att utbilda studenter och personal till nyckelbefattningar i olika sektorer. Dessa kritiska forskningsområden omfattar i princip de strålningsvetenskapliga perspektiv som finns inom de tekniska och naturvetenskapliga grundvetenskaperna:

- fysik/teknik: kärnteknik, strålningsfysik
- kemi: radio- och kärnkemi
- biologi: strålningsbiologi
- ekologi/miljövetenskap: radioekologi
- medicin: tillämpningar av strålningsfysik, -biologi, -kemi och katastrof-/strålningsmedicin

SSM har identifierat sex kritiska forskningsområden. Dessa återspeglar de forskningsmiljöer myndigheten redan i dag försöker säkerställa med hjälp av delar av myndighetens forskningsanslag. Det handlar om:

- Kärnkraftteknik, inklusive reaktorfysik, termohydraulik och kärndata
- Svåra haverier och kärnkemi
- Kärnämneskontroll och icke-spridning
- Strålningsbiologi
- Radioekologi
- Strålskyddsdosimetri

Förutom för områdena kärnkraftteknik och strålskyddsdosimetri är SSM i dag i stort sett ensam huvudfinansierare, och utan SSM:s forskningsanslag skulle områdena inte kunna leva vidare. SSM:s forskningsbudget behöver dock förstärkas för att myndigheten ska kunna säkerställa fortlevnaden av dessa forskningsområden genom riktade finansieringar. Därutöver behöver industrin och vården fortsatt finansiera direkt tillämpbar utveckling inom sina respektive områden, och forskningsråden grundforskning och nyskapande forskning.

Forskargrupperna inom ovan nämnda områden är i dagsläget oroväckande små och därför sårbara. För att motivera ökningen av basfinansieringen till utsatta forskningsområden finns följande argument:

- En dubblering av storleken på forskargrupperna är nödvändig för att långsiktigt trygga forsknings- och utbildningsbehov, bland annat för att inkludera en redundans för personalomsättning.
- För livskraftighetens skull bör en forskargrupp bestå av ett par högre tjänster och ett par doktorander samtidigt som kostnader för utrustning och overhead täcks.
- En basfinansiering bör inte vara total, utan det ska finnas tillräckliga incitament för forskare att söka andra medel och därmed konkurreras ut, till exempel för att söka nya grenar inom respektive forskningsfält samt att upprätthålla en lärarbas som möjliggör grundutbildning inom strålsäkerhet.

Att säkerställa en basfinansiering för forskargrupper inom dessa områden kostar uppskattningsvis 60 miljoner kronor per år. Denna basfinansiering möjliggör för dessa forskargrupper att upprätthålla utbildning och utgöra oberoende experter. Det ger också en storlek på forskargrupperna som möjliggör för dem att söka medel i nationella och internationella utlysningar, något som också gör grupperna konkurreras ut och bidrar indirekt till att forskningen håller hög kvalitet. Basfinansieringen bör utformas i fleråriga program med regelbundna utvärderingar och genom riktade utlysningar.

I dag bidrar SSM med ca 36 miljoner kr för att stärka de kritiska forskningsområdena. Men för att kunna lyfta områdena ur den sårbara ställning som nu råder skulle forskningsanslaget behöva stärkas. SSM gör bedömningen att myndigheten behöver 60 miljoner kronor per år för att enligt ovan kunna ta ansvar inom den nationella kompetensförsörjningen. Därmed behöver myndighetens forskningsanslag stärkas med ytterligare 24 miljoner kronor, det vill säga en ökning från 76 miljoner kronor till 100 miljoner kronor.

Ytterligare ett perspektiv på frågan är huruvida forskning inom det kärntekniska området kan finansieras av statliga medel eller inte. Regeringens inriktning är att kärnkraften ska stå för sina egna kostnader, vilket redovisas i regeringens skrivelse från 2012, [14], ”... statligt stöd för kärnkraft, i form av direkta eller indirekta subventioner, inte kommer att kunna påräknas”. Samtidigt innehåller Regeringens skrivelse från 2012 specifikt ett avsnitt om forskning i vilket regeringen bedömer att ”*Offentligt finansierad forskning vid universitet och högskolor kan i normalfallet inte betraktas som en subvention.*” Utifrån dessa skrivelser gör myndigheten bedömningen att kärnteknisk forskning kan stödjas av staten utan att det är att betrakta som en subvention. Forskningsområdena svåra haverier och kärnkemi samt kärnämneskontroll och icke-spridning, räknas i SSM:s forskningsplanering till det kärntekniska området, men de har stor relevans för hela samhället och andra myndigheter. Dessa föreslås finansieras delvis genom skatter och inte som idag genom avgifter från kärnkraftverken. Detta medför att hela ökningen som föreslås kan göras skattefinansierad.

8.4.2. Bristande stöd av det omgivande forskningsfinansieringssystemet

De centrala kunskapsområdena som är kritiska för att säkerställa de kompetensbehov som finns givet de verksamheter med strålning som bedrivs i landet och i vår omvärld, behöver omges av ett bredare ekosystem av relaterade forskningsområden för att vara livskraftiga. I dag är forskningsmedlen från svenska forskningsfinansiärer till strålningsvetenskapliga och kärntekniska frågeställningar konstaterat låga. Men SSM menar att inte bara de sårbara områdena behöver stärkas. Forskningsmiljöer med angränsande frågor behöver också finnas och finansieras för att en livskraftig forskning ska kunna bedrivas. Utan ett intilliggande forskningsekosystem riskerar satsningar på de för strålsäkerheten kritiska områdena att bli isolerade och kortsiktiga, och ändå inte leda till att nödvändig vetenskaplig expertis upprätthålls.

För att önskvärda synergier ska uppstå mellan olika forskningsområden, behövs dels finansiering från forskningsråden, dels samverkan mellan SSM och forskningsråden. Därutöver behöver också dialog föras med berörd industri för att säkerställa synergier. Dessutom behöver forskningsområdena följa och anpassa sig till utvecklingen i omvärlden för att brygga över till det bredare systemet av forskningsområden, till exempel i fråga om tvärvetenskapliga snitt och FN:s globala miljömål.

8.4.3. Kompetensutveckling om icke-joniserande strålning

Kunskapsområdet icke-joniserande strålning har pekats ut som underutvecklat i jämförelse med joniserande strålning. Det har dock påtalats att detta är en rationell samhälls-ekonomisk prioritering givet att riskerna som studeras är mindre och begränsade jämfört med andra miljörisker. Ett liknande kunskapsunderskott finns gällande effekter av låga doser joniserande strålning och på lång sikt, vilket anses vara ett större problem. UV-strålningens skadeverkningar på folkhälsan är däremot kända. SSM har i sin verksamhet aktiviteter som syftar till att utveckla kompetens hos myndigheten och i samhället, bland annat samhällsinformation om sol och UV-strålning samt de vetenskapliga råden.

9. Förslag till åtgärder

SSM har genom informationskartläggning och utblickar framåt i tiden skapat en lägesbild över kompetensförsörjningsbehov och -möjligheter inom strålsäkerhetsområdet.

Lägesbilden har tagits fram i samverkan med industri, lärosäten och andra berörda aktörer, och utgår utifrån perspektiven tillståndshavarnas och SSM:s behov av kompetens, lärosätenas utbildningar samt lärosätenas möjligheter att upprätthålla vetenskaplig expertis. Myndigheten har sedan analyserat lägesbilden och identifierat brister i kompetensförsörjningen. Myndigheten har också identifierat forskningsfinansiärer inom området. I detta kapitel sammanfattas bristerna och redovisas sedan förslag till åtgärder.

Inledningsvis kan sägas att kompetensförsörjningssystemet inom kärnteknik och strålningsvetenskaper i Sverige är omfattande och komplext, och att åtgärda bristerna och problemen kräver omfattande och komplexa åtgärder.

För att möta bristerna ser SSM att det är nödvändigt med åtgärder inom följande områden:

- Övergripande brister
- Kompetensanvändning
- Utbildning
- Vetenskaplig expertis

Åtgärdsförslagen är riktade till regeringen. Efter åtgärdsförslagen följer även en förteckning av de åtgärder som SSM avser att genomföra.

9.1. Förslag till regering och departement

9.1.1. Övergripande brister

Samordnad styrning av kompetensförsörjningen inom strålsäkerhetsområdet

Förmågan att hantera kompetensförsörjningsfrågan inom strålsäkerhetsområdet stärks om den hanteras på ett mer strategiskt och samordnat sätt. För att uppnå bättre samordning, bör strålsäkerhetsområdet ges ett eget kapitel i forskningspropositionen, och ett uppdrag att ta fram och upprätthålla en nationell kompetensförsörjningsstrategi för strålsäkerhetsområdet bör ges till SSM via myndighetens instruktion. En sådan institutionalisering av strålsäkerhetsområdets roll i forskningspolitiken är ett sätt för Sverige att säkerställa långsiktig kompetensförsörjning från högsta politiska nivå. Strategin blir också en del i arbetet att åtgärda de brister som IAEA konstaterade i sin utvärdering av Sverige 2012, [2], och 2016, [3], och som kommer att följas upp i självutvärderingen som görs 2021 inför nästa IRRS-granskning.

Åtgärder

För att förbättra samverkan och styrning av kompetensförsörjningen föreslår SSM att regeringen:

1. inrättar ett särskilt kapitel för strålsäkerhetsområdet i den återkommande forskningspropositionen.
2. ger SSM i uppdrag att ta fram och upprätthålla en nationell kompetensförsörjningsstrategi. Uppdraget föreslås tillföras SSM genom en uppdatering av instruktionen i 6 § Förordning (2008:452) med instruktion för SSM.

Förslag till ny formulering till instruktionen:

Strålsäkerhetsmyndigheten ska bidra till att nationell kompetens för dagens och framtidens behov utvecklas inom myndighetens verksamhetsområde. Myndigheten

ska i detta syfte ta fram och upprätthålla en nationell strategi för kompetensförsörjning. Myndigheten ska också ta initiativ till forskning, utbildning och studier, bedriva omvärldsanalys och utvecklingsverksamhet, samverka med andra finansierare samt kontinuerligt följa kompetensförsörjningssystemets kapacitet.

Nationell samverkan

Det finns behov av att förstärka den i dag sårbara kärnan av vetenskaplig expertis som behövs för att upprätthålla kompetensförsörjningssystemet och säkerställa de kompetensbehov som finns i Sverige givet de verksamheter med strålning som bedrivs i landet och i vår omvärld. En sådan förstärkning behöver ske på två sätt:

- Den kritiska kärnan av vetenskaplig expertis förstärks genom att SSM:s forskningsbudget tillförs medel (se förslag nedan)
- De forskningsmiljöer som behövs i den kritiska kärnans närhet, för att dessa forskningsmiljöer ska bestå som livskraftiga, förstärks via de statliga forskningsrådets finansiering.

För att möjliggöra för forskningsråden att finansiera de forskningsmiljöer som behövs, är det nödvändigt att ansvariga myndigheter uppdras att samråda med varandra och med SSM inför utlysningar till forskningsområden närliggande dem som är kritiska för strålsäkerheten. Uppdrag att samråda bör institutionaliseras i instruktioner eller i regleringsbrev.

Åtgärder

SSM föreslår att regeringen:

1. ger SSM och de statliga forskningsråden i uppgift att samverka kring fördelning av medel och gemensamma strategier inom den strålningsrelaterade forskningen. Samverkan bör framgå av myndigheternas instruktioner eller regleringsbrev.

Totalförsvarets kompetensbehov

Behovet av strålsäkerhetskompetens givet det skärpta säkerhetspolitiska läget har inte innefattats i denna utredning. SSM föreslår att myndigheten ges i uppdrag att, i samråd med berörda myndigheter, genomföra en fördjupad utredning för att kartlägga myndigheternas kompetensbehov, och vid behov också ge förslag på hur kompetensbehovet ska kunna tillgodoses. Ett sådant uppdrag kan exempelvis ges som ett särskilt regeringsuppdrag eller som en del i det årliga regleringsbrevsuppdraget om civilt försvar.

Åtgärder

SSM föreslår att regeringen:

1. ger myndigheten i uppdrag att, i samråd med berörda myndigheter, utreda vilken strålsäkerhetskompetens som behövs i totalförsvarsplaneringen och vid höjd beredskap.

9.1.2. Kompetensanvändning

Samhällsinformation om arbeten och kompetenser inom strålsäkerhetsområdet

Det minskade intresset bland ungdomar för att studera till tekniska yrken är ett generellt problem i Sverige idag. I utredningen noteras att det är ett problem även inom strålsäkerhetsområdet, exempelvis har ett par kärntekniska utbildningsprogram lagts ner på grund av minskat söktryck. Inom de medicinska utbildningarna utmålas de strålningsrelaterade kompetenserna som kommande bristyrken. Det är därför angeläget att arbetsgivare som utför verksamheter med strålning gör ansträngningar för att



kommunicera sina rekryteringsbehov och marknadsföra arbetsmöjligheterna inom verksamheterna.

SSM har idag inte något uppdrag att informera allmänheten om kompetensförsörjning till verksamheter med strålning och strålsäkerhet, men här skulle myndigheten kunna bidra genom att informera om tillämpningar av strålning, den balans mellan risk och nytta som regleringarna bygger på och vilka arbetsmöjligheter som finns inom verksamheter med strålning och strålsäkerhet.

Åtgärder

SSM föreslår att regeringen:

1. ger SSM medel för att långsiktigt och systematiskt informera om bredden av yrkesmöjligheter inom de strålningsrelaterade verksamheter som bedrivs i landet.

9.1.3. Utbildning

Uppdrag till lärosäten att upprätthålla samhällsviktig utbildning

Kopplat till forskningen inom områden kritiska för svensk kompetens inom strålsäkerhet, är utbildningen inom dessa områden, som med dagens marknadsstyrning inte kan säkerställas. Det finns risk för brister i utbildningarna om Sverige inte lyckas upprätthålla forskargrupper inom de grundläggande spetsområdena. Men inte bara forskningskapaciteten styr lärosätenas utbud av utbildning, utan även studenttillströmningen. Med vikande studentunderlag riskerar utbildningar att läggas ned även om kompetensen är kritisk för den svenska kompetensförsörjningen

Tidigare erfarenheter av uppdrag till lärosäten att upprätthålla utbildningskapacitet inom strålsäkerhetsområdet har visat sig vara framgångsrika. Till exempel har forskning och utbildning inom strålningsbiologi kunnat räddas kvar på Stockholms universitet på så sätt. Vid sidan av en fortsatt satsning på utbildning i strålningsbiologi, bör även fler utbildningsområden kritiska för strålsäkerhetsområdet med låg studentgenomströmning skyddas på detta sätt.

Myndigheten föreslår att regeringen uppdrar till SSM att utreda vilka utbildningar som behöver säkerställas för att den samhällsviktiga strålsäkerhetskompetensen ska kunna bibehållas fastän studentunderlaget är svagt, och på vilka lärosäten utbildningarna behöver finnas. Direktivet till en sådan fördjupande utredning kan förslagsvis innehålla följande skrivningar:

1. Identifiera utbildningar kritiska för den nationella strålsäkerhetskompetensen där låg studenttillströmning riskerar att utbildningen läggs ned
2. Utifrån dagens utbildningsutbud på de nationella lärosätena, och i diskussion med lärosätena, föreslå utbildningsområden att bibehålla per lärosäte
3. Föreslå adekvat finansiell nivå för att berörda lärosäten ska kunna ta sitt utbildnings- och forskningsansvar
4. Föreslå formuleringar till berörda lärosätens instruktioner.

Åtgärder

SSM föreslår att regeringen:

1. uppdrar till SSM att ytterligare utreda vilka utbildningar som behöver säkerställas och på vilka lärosäten, samt att ge förslag på ändringar i berörda lärosätenas instruktioner.



2. efter ovan föreslagna utredning lägger uppdrag på lärosätena att upprätthålla utbildningar som är samhällsviktigt kopplat till strålsäkerheten i Sverige. Detta kan förslagsvis ske genom lärosätenas instruktioner.

Kvalitetssäkrat innehåll i vårdens strålningsrelaterade utbildningar

Det finns anledning att förtydliga ansvarsfördelningen mellan olika myndigheter, inklusive lärosäten, vad gäller innehållet i utbildningar för yrkesgrupper som innefattar medicinska strålningsverksamheter. I vissa av vårdens legitimeringsutbildningar ingår delar som berör strålsäkerhet, områden som behöver kvalitetssäkras och eventuellt utvecklas. SSM:s roll blir då att fungera som expertmyndighet med en rådgivande roll.

Myndigheten föreslår att Socialstyrelsen får i uppdrag att utreda behovet av att dessa delar av utbildningarna kvalitetssäkras, och vid behov också föreslår hur kvalitetssäkringen ska gå till. Utredningen bör också se över dagens ansvarsfördelning mellan berörda myndigheter, samt vid behov ge förslag på förtydliganden. Direktivet till en sådan fördjupande utredning kan förslagsvis innehålla följande skrivningar:

1. Identifiera de överordnade krav eller riktlinjer som finns för strålningsinslag i vårdens legitimeringsutbildningar.
2. Undersök hur dessa krav och riktlinjer implementeras vid berörda lärosäten.
3. Undersök vilka myndigheter som har ansvar att granska lärosätenas utbildningar med avseende på strålsäkerhet, hur rollfördelningen ser ut samt om det finns behov av samverkan mellan myndigheterna.
4. Vid behov ta fram förslag till förtydliganden i berörda myndigheters instruktioner.

Åtgärder

1. Att regeringen ger Socialstyrelsen i uppdrag att granska ansvarsfördelningen mellan myndigheter, inklusive lärosäten, kring innehållet i utbildningar som innefattar strålningskompetens.
2. Att regeringen efter föreslagen utredning ger ansvarig myndighet i uppdrag att utveckla samverkan för kvalitetssäkringen av strålningsrelaterade inslag i vårdens utbildningar samt att högskoleförordningens examensbeskrivningar kompletteras med lärandemål som rör medicinska bestrålningar.
3. SSM föreslår att examensbeskrivningar i Högskoleförordning (1993:100), för läkare och tandläkare kompletteras med lärandemål som rör medicinska bestrålningar enligt de textförslag som markerats kursivt i texterna nedan.

Läkarexamen

Kunskap och förståelse

För läkarexamen ska studenten

- visa kunskap om områdets vetenskapliga grund och insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete samt kunskap om sambandet mellan vetenskap och beprövad erfarenhet och sambandets betydelse för yrkesutövningen,
- visa såväl bred som fördjupad kunskap inom det medicinska området inbegripet kunskap om och förståelse för förhållanden i samhället som påverkar hälsan för olika grupper och individer, såväl barn som kvinnor och män,
- visa kunskap om mäns våld mot kvinnor och våld i nära relationer,
- *visa kunskap om och förståelse för strålning och strålskydd som är av betydelse för medicinsk verksamhet med joniserande strålning,*
- visa kunskap om ekonomi och organisation som är av betydelse för hälso- och sjukvården, och
- visa kunskap om relevanta författningar.

Tandläkarexamen

Kunskap och förståelse

För tandläkarexamen ska studenten

- visa kunskap om områdets vetenskapliga grund och insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete samt kunskap om sambandet mellan vetenskap och beprövad erfarenhet och sambandets betydelse för yrkesutövningen,
- visa fördjupad kunskap om och förståelse för sambandet mellan patientens orala hälsotillstånd och hans eller hennes allmänna hälsotillstånd och medicinska tillstånd samt andra bakomliggande faktorer,
- visa kunskap om mäns våld mot kvinnor och våld i nära relationer,
- visa kunskap om och förståelse för produkter och material som används inom tandvården och deras påverkan på allmänhälsa, munhälsa och miljö,
- *visa kunskap om och förståelse för strålning och strålskydd som är av betydelse för odontologisk radiologisk verksamhet,*
- visa kunskap om ekonomi och organisation som är av betydelse för tandvården, och
- visa kunskap om relevanta författningar

9.1.4. Vetenskaplig expertis

Finansiering av forskningsområden kritiska för strålsäkerhetsområdet

Sammantaget ser SSM att det finns ett behov av att sex forskningsområden (kärnkraftteknik, svåra haverier och kärnkemi, kärnämneskontroll och icke-spridning, strålningsbiologi, radioekologi och strålskyddsdosimetri) säkerställs för att Sverige ska ha möjligheter att upprätthålla forskning och utbildning. SSM bör därför ges ett uppdrag att säkerställa dessa samtidigt som myndighetens forskningsanslag stärks.

SSM gör bedömningen att myndigheten behöver använda 60 miljoner kronor per år av sitt forskningsanslag för att ta sitt ansvar inom den nationella kompetensförsörjningen enligt ovan. Med SSM:s forskningsanslag bidrar myndigheten redan i dag med knappt 36 miljoner för att stärka de kritiska forskningsområdena. För att kunna stödja forskningsområdena utan att dra ned på annan kritisk forskning, behöver myndighetens forskningsanslag stärkas med 24 miljoner kr.

Åtgärder

SSM föreslår att regeringen:

1. tillför myndighetens forskningsanslag för att SSM genom riktad finansiering ska säkerställa att det i Sverige finns livskraftiga forskningsgrupper inom kärnteknik, radio- och kärnkemi, strålningsbiologi, radioekologi, dosimetri och strålningsdosimetri. Forskningsanslaget föreslås öka med 24 miljoner kronor så att SSM:s totala forskningsanslag uppgår till 100 miljoner kronor.

9.2. Åtgärder som SSM avser att genomföra

9.2.1. Övergripande brister

Samverkansplattform för diskussioner med centrala aktörer

Under arbetet med regeringsuppdraget har SSM vid fyra tillfällen samlat en referensgrupp som bestått av representanter från centrala aktörer inom strålsäkerhetsområdet, från såväl

industri som lärosäten och i viss mån även från hälso- och sjukvården. I syfte att förbättra samverkan mellan centrala aktörer inom strålsäkerhetsområdet, avser SSM att fortsatt samla de centrala aktörerna för diskussioner i en samverkansplattform. Denna samverkansplattform blir det forum där det aktuella läget i kompetensförsörjningssystemet återrapporteras för att i samverkan diskutera problem som uppstår.

Åtgärder

1. SSM avser att kontinuerligt sammanställa läget i kompetensförsörjningssystemet.
2. SSM avser att kontinuerligt rapportera läget i kompetensförsörjningssystemet till regering och samverkansplattformen.
3. SSM avser att i samverkansplattformen diskutera remissvar till den forskningspolitiska propositionen.
4. SSM avser att i samverkansplattformen föra dialog om den nationella kompetensförsörjningsstrategin.

SSM diskuterar också att återuppta myndighetens deltagande i Svenskt kärntekniskt centrum (SKC), ett centrum som syftar till att stödja utbildning, forskning och utveckling inom discipliner med kärnteknisk tillämpning vid Kungliga Tekniska högskolan, Chalmers tekniska högskola samt Uppsala Universitet.

Vid sidan av samverkansplattformen avser SSM också att inleda dialog med Energimyndigheten om möjligheten att med denna myndighetens forskningsbudget finansiera kärnteknisk forskning.

9.2.2. Kompetensanvändning

Standardisering för att förbättra arbetsmarknadens funktion

Strålsäkerhetsområdet som arbetsmarknad har en låg grad av standardisering. Utöver statlig reglering främst inom vården är standardisering av kompetenser i form av befattningar och yrkesbeteckningar en fråga för parterna på arbetsmarknaden. Dock saknar verksamheter och anställda inom just strålsäkerhetsområdet gemensam representation. Sannolikheten att arbetsmarknadens parter genom självorganisering ska samverka över verksamhetsområden för att standardisera är låg, särskilt då det inte gäller ett nytt kompetensområde. Ett första steg i standardiseringsarbetet är att SSM börjar diskutera frågan inom ramen för ovan beskrivna samverkansplattform.

Genom en standardisering av kompetenser kan studenter få hjälp att se bredden av yrkesmöjligheterna inom de strålningsrelaterade verksamheterna.

Åtgärder

1. SSM avser lyfta frågan för diskussion inom samverkansplattformen och för att sedan återkomma med förslag till nästa steg.

9.3. Rekommendation till arbetsgivare med kompetensbehov

För att studenter ska attraheras av utbildningar, finns ofta en koppling till att den tillhörande arbetsmarknaden – i det här fallet hos arbetsgivare med strålningsverksamhet eller inom lärosätenas forskningsprogram – ser ljus ut.

Vad gäller redan anställda inom den kärntekniska branschen noterar SSM att kompetens som relaterar till konstruktion och verifikation av kärnkraftverk för säker drift av reaktorerna tar tid att bygga upp. Det är därför angeläget att arbetsgivarna fortsätter och utvecklar möjligheterna för berörda medarbetare att ta del av det utbud till



vidareutbildning som finns, och att berörd personal också ges tid och möjligheter till utveckling. Dessa möjligheter kan också uppfattas som attraktiva i sig för den som planerar söka sig till kärnkraftsindustrin eller kärntekniska utbildningar.

SSM lämnar två rekommendation riktade till arbetsgivare med strålningsrelaterade kompetensbehov.

1. att tillståndshavare genomför kampanjer för att öka branschens attraktionskraft
2. att tillståndshavare fortsätter och utvecklar möjligheterna för berörda medarbetare att bibehålla och utveckla djup kompetens om specifika anläggningar..



Referenser

- [1] Regeringsbeslut - Uppdrag om långsiktig kompetensförsörjning, M2016/03064/Ke, 2016-12-22.
- [2] Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission to Sweden, 6-17 februari 2012, SSM2012-854-4.
- [3] Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Follow-up report to Sweden, 25 April – 3 May 2016, IAEA-NS-2016/05, SSM2014-1378-10.
- [4] Rapport av Regleringsbrevsuppdrag. Nationell kompetens inom strålskyddsområdet, SSM2014-1013, 2015.
- [5] Nationell kompetens inom kärnsäkerhetsområdet, SSM2015-3952, 2015.
- [6] Kompetensläge för ett strålsäkert samhälle, SSM2011-741, 2011.
- [7] Det strategiska kompetensbehovet inom strålskyddet i Sverige - översikt och förslag. Redovisning av uppdrag enligt regleringsbrev för år 2005, SSI Dnr 2005/3755-002, 2006.
- [8] Kärnkraftverkens säkerhet och strålskydd - Betänkande från Kärnsäkerhetsutredningen, SOU 2003:100, 2003.
- [9] Rapport från SSM:s vetenskapliga råd om ultraviolett strålning 2017 , 2018:14, 2018.
- [10] Recent Research on EMF and Health Risk, Twelfth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2017 , 2018:09, 2017.
- [11] Ramöverenskommelse mellan Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna, 2016-06-10, <https://www.regeringen.se/artiklar/2016/06/overenskommelse-om-den-svenska-energiolitiken/>.
- [12] Report of the Committee for Nuclear Energy Competence in Finland, Publications of the Ministry of Employment and the Economy 14/2012.
- [13] Utbildning och kompetens inom strålskydd hos olika funktioner som deltar vid eller påverkar medicinska bestrålningar, SSM-rapport 2014:42.
- [14] Kärnkraft utan statliga subventioner, Regeringsens skrivelse 2011/12:141, 2012-04-05.
- [15] PM Resultat av enkätundersökningen i regeringsuppdraget om kompetens, SSM2017-134-18.



Bilaga 1 – Deltagare

Följande personer har deltagit i ett eller flera av de fyra referensgruppsmöten som genomförts inom ramen för uppdraget. SSM vill rikta ett tack till alla för deras värdefulla insatser.

Alexander Prokofiev, Uppsala universitet

Alexandru Dasu, Skandionkliniken

Anders Andrén, Westinghouse

Anders Nordlund, Chalmers

Andrzej Wojcik, Stockholms universitet

Ane Håkansson, Uppsala universitet

Annette Fransson-Andreo, Karolinska Universitetssjukhuset

Ann-Louise Wiklander, SKB

Berit Andersson, Vattenfall

Carl Berglöf, Energiföretagen

Carl-Henrik Walde, Svenska Nationalkommittén för radiovetenskap

Cecilia Johansson, Uppsala universitet

Christian Bernhardsson, Lunds universitet

Christian Ekberg, Chalmers

Christophe Demazière, Chalmers

Christopher L. Rääf, Lunds universitet

Conny Rolén, FORMAS

Dag Svensson, Vattenfall

Daniel Sjöberg, Svenska Nationalkommittén för radiovetenskap

Eleonor Vestergren, Sahlgrenska universitetssjukhuset

Elisabeth Ericsson, Örebro universitet

Eva Forssell-Aronsson, Sahlgrenska Universitetssjukhuset

Eva Norrman, Universitetssjukhuset Örebro

Fredrik Jansson, Forsmarks skola

Gustaf Löwenhielm, CGL Consulting

Göran Ågren, Umeå universitet

Hanna Holstein, Lunds universitet

Hans Henriksson, SKC

Hans-Åke Christiansson, TRK Kontrolladministration AB

Heikki Tölli, Umeå universitet

Henric Lidberg, Ringhals

Henrik Widestrand, Vattenfall

Henryk Anglart, KTH

Håkan Pettersson, Region Östergötland, Centrum för kirurgi, ortopedi och cancervård

Ingmar Persson, Kärnavfallsrådet

Irena Gudowska, Stockholms universitet

Isak Holmerin, SWE-RAYS

Jack Valentin, Kunskapscentrum för strålningsmedicin vid katastrofer

Jan Blomgren, INBEx

Johan Kastlander, FOI

Johan Thun, Forsmarks skola

Johanna Sandwall, Socialstyrelsen

Jonas Söderberg, Landstinget i Värmland

Karin Blomberg, Örebro universitet

Karin Ekströmer, Svensk Förening för Odontologisk Radiologi

Karl Östlund, Lunds universitet

Karolina Stark, Svensk Förening för Radioekologi

Katrine Riklund, Umeå universitet

Lars Berglund, Forsmark

Lars Hultman, Stiftelsen för Strategisk Forskning

Lars Lind, TRK Kontrolladministration AB

Lasse Kyläkorpi, Vattenfall

Leif Kari, KTH

Leif Moberg



Leif Stenke, Kunskapscentrum för
strålningsmedicin vid katastrofer

Leif Åhman, Chalmers

Lennart Blomqvist, Karolinska
universitetssjukhuset

Lotta Sätterlund, OKG Uniper

Love Kull, Sunderby sjukhus, Region
Norrbotten

Lovisa Lundholm, Svensk förening för
radiobiologi

Maria Skogqvist, KSU

Martin Näslund, Westinghouse

Mats Harms-Ringdahl, Stockholms
universitet

Mats Isaksson, Sahlgrenska akademien
vid Göteborgs universitet

Mattias Bjarnegård, Svensk Förening för
Medicinsk Radiologi

Mattias Lantz, Uppsala universitet

Mattias Thuvander, Chalmers

Micael Granström, FOI

Michael Österlund, Uppsala universitet

Mikael Lundh, KSU

Monika Adsten, Energiforsk

Nils-Olov Jonsson, SKC

Pelle Postgård, MSB

Per Andersson, Naturhistoriska
riksmuseet

Pontus Tinnert, OKG Uniper

Roger Karlsson, OKG Uniper

Rolf Lewensohn, Kunskapscentrum för
strålningsmedicin vid katastrofer

Rose-Marie Karlsdotter, Vattenfall

Sara Brunnberg, MSB

Sara Olsson, Region Kronoberg

Siamak Haghdoost, Stockholms
universitet

Sofia Jonsson, FOI

Sofia Åström, Sunderby sjukhus, Region
Norrbotten

Sonny La, Blekingesjukhuset Karlskrona

Sophie Grape, Kärnavfallsrådet

Stefan Appलगren, Miljö- och
Energidepartementet

Susanna Ljungkvist, Westinghouse

Susannah Sigurdsson, Socialstyrelsen

Susanne Andersson, SKB

Ted Lindquist, Oskarshamns kommun

Ulf Karlsson, Vattenfall

Ulrika Ekengren Allen, Westinghouse

Waclaw Gudowski, KTH

Veronica Andersson, Cyclife-EDF

Yngve Hamnerius, Svenska
Nationalkommittén för radiovetenskap

Åke Strid, Örebro universitet



Bilaga 2 – Förkortningar och begrepp

Begrepp	Förklaring
Dialogforum	Sak- eller kompetensspecifikt forum för dialog kring utbud och/eller efterfrågan av kompetens inom ett avgränsat sak- eller kompetensområde.
Kompetens	Förmåga och vilja att utföra en uppgift genom att tillämpa kunskaper och färdigheter.
Kompetensförsörjning	Process i organisationen för att fortlöpande säkerställa rätt kompetens för att nå verksamhetens mål och tillgodose dess behov. På nationell nivå avses att kompetensförsörjning också omfattar exempelvis utbildningssystem, bransch- och professionsorganisationers aktiviteter samt matchningen av utbud och efterfrågan på arbetsmarknaden.
Kompetensförsörjnings-system	Alla ingående intressenter/aktörer och deras inbördes relationer.
Kompetensutveckling	Aktivitet för att bredda/höja individers och gruppers kompetens.
Samverkan	Agerande gemensamt över organisatoriska gränser med kompletterande resurser för att uppnå sammanfallande mål.
Samverkansplattform	En samverkansplattform består av ett antal dialogfora, samordnade av en central funktion. Plattformen har en ändamålsenlig struktur för att samverka kring frågor om kompetensförsörjning i dialog mellan intressenter som står för såväl efterfrågan som utbud av kompetens inom aktuella sakområden.
Strålning	<p>Strålning kan delas in i joniserande och icke-joniserande strålning. Joniserande strålning är så energirik att den kan rycka loss elektroner från de atomer som den träffar och förvandla dem till positivt laddade joner, jonisering. Exempel på joniserande strålning är röntgenstrålning och strålning från radioaktiva ämnen.</p> <p>Energien hos icke-joniserande strålning som optisk strålning och elektromagnetiska fält är inte lika hög som hos joniserande och kan därför inte jonisera material. Exempel på icke-joniserande strålning är strålning från solen och elektromagnetiska fält, exempelvis genom radiovågor från mobiltelefoner och magnetfält från kraftledningar och olika apparater.</p>
Strålsäkerhet	Med strålsäkerhet avses strålskydd, säkerhet, fysiskt skydd och nukleär icke-spridning.



Verksamheter med strålning ”strålsäkerhetsbranschen”

Alla som kommer i direkt kontakt med strålning i sin verksamhet såsom tillståndshavare och verksamhetsutövare. De som kommer i kontakt med icke-joniserande strålning behöver inte vara tillståndshavare utan är alla, hela allmänheten.

Lärosäten

Chalmers	Chalmers Tekniska Högskola
CRPR	Centre for Radiation Protection Research, Centrum för strålskyddsforskning
GU	Göteborgs Universitet
JU	Jönköping University
KI	Karolinska Institutet
KSU	Kärnkraftsäkerhet och Utbildning
KTH	Kungliga Tekniska Högskolan
LU	Lunds Universitet
LTU	Luleå Tekniska Universitet
NANSS	Nordic Academy for Nuclear Safety and Security
ORU	Örebro Universitet
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SU	Stockholms Universitet
UMU	Umeå Universitet
UU	Uppsala Universitet

Forskningsfinansiärer

Andra myndigheter	Flera svenska myndigheter har medel för att själva bedriva forskning. Ett par av dessa verkar i det ekosystem av forskningsområden som relaterar till strålsäkerhet, till exempel: FOI, Socialstyrelsen, MSB, Naturhistoriska riksmuseet. Dessa har en samverkan genom gruppen ”Nätverket för forskande myndigheter” som organiseras av VR.
Energimyndigheten	Energimyndigheten har helhetsbilden över tillförsel och användning av energi i samhället. Myndigheten har i uppdrag av regeringen att ge stöd till insatser inom forskning, utveckling, demonstration, kommersialisering och innovation inom energiområdet. Energiforskningen ska bygga upp den kunskap och kompetens som behövs för att göra det möjligt att ställa om till ett långsiktigt hållbart energisystem i Sverige.
Formas	Formas är ett statligt forskningsråd för hållbar utveckling. Formas finansierar forskning av högsta vetenskapliga kvalitet och av relevans för ansvarsområdena: miljö, areella näringar och samhällsbyggande.
SKC	Svenskt Kärntekniskt Centrum är en samverkansplattform kring kärnteknik som finansierar kärnteknikforskning och -utbildning. SKC har funnits i över 25 år. SSM var en av grundarna till SKC.



SSF	Stiftelsen för Strategisk Forskning finansierar forskning inom naturvetenskap, teknik och medicin. Stiftelsen ska främja utvecklingen av starka forskningsmiljöer av högsta internationella klass med betydelse för utvecklingen av Sveriges framtida konkurrenskraft.
Vinnova	Sveriges innovationsmyndighet. Ger bidrag till innovationsprojekt och forskning som behövs för att utveckla nya lösningar. Satsar också långsiktigt på starka forsknings- och innovationsmiljöer. Stimulerar samverkan mellan företag, universitet och högskolor, offentlig verksamhet, civilsamhället och andra aktörer.
VR	Vetenskapsrådet är Sveriges största statliga forskningsfinansiär som ger stöd till forskning av högsta vetenskapliga kvalitet inom alla vetenskapsområden. Större delen av VR:s forskningsmedel går till projektstöd i form av projektbidrag där forskaren ges frihet att själv formulera forskningsidé, metod och utförande. VR finansierar forskningsinfrastruktur både i och utanför Sverige.

Organisationer, dialogfora och forskningssamarbeten

CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
EURATOM	Forskningsprogram inom EU för forskning och utbildning om kärnsäkerhet
FOI	Totalförsvarets forskningsinstitut
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IRSN	Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
NKS	Nordic Nuclear Safety Research
NPSAG	Nordiska PSA Gruppen
OECD/NEA	The Nuclear Energy Agency (NEA) är en del av the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
PSI	Paul Scherrer Institute
SAFIR	Finska forskningsprogrammet om kärnkraftssäkerhet
SAINT	Swedish Academic Initiative on Nuclear Technology Research
SSM	Strålsäkerhetsmyndigheten
VTT	Technical Research Centre of Finland Ltd
WSE	Westinghouse Electric Sweden AB

Facktermer

CBCT	Cone Beam Computed Tomography
CBR	Chemical Biological Radiological
CBRN	Chemical Biological Radiological Nuclear
CT	Computer tomography
DSA	Deterministisk säkerhetsanalys
Gen-IV	Fjärde generationens reaktorsystem



I&C	Instrumentation and control
MR	Magnetisk resonanstomografi
MRI	Magnetresonanstomografi
NM	Nuklearmedicin
OPG	Panoramaröntgen
PET/CT	Positron emission tomography
PSA	Probabilistisk säkerhetsanalys
RN	Radionukleär
RT	Radiation Therapy, Strålterapi
SPECT/CT	Single-photon emission computed tomography
XRF	X-ray fluorescence
XRI	Experimentell röntgenavbildning



Bilaga 3 – Forskargrupper och utbildningar inom strålsäkerhetsområdet

Universitet och Högskolor inom kärnkraftsområdet

Forskargrupper

Inom kärnkraftsområdet finns följande forskargrupper (tabellen utgår från utredningen 2015, men har kompletterats utifrån lärosätenas webbsidor):

Väsentligt kunskapsområde, lärosäte	Institution/avd/enhet	Huvudsaklig inriktning
Kärnenergiteknik, KTH	Skolan för Teknikvetenskap, Institutionen för fysik,	Blykylda reaktorer (Gen-IV), strålningsskador på material, åldring och termoutmattning, utveckling av nitridbränsle, termohydraulik i härd, Monte-Carlometoder,
Kärnkraftssäkerhet, KTH	Skolan för teknikvetenskap, Institutionen för fysik,	Termohydraulik och fenomen vid svåra haverier, karakterisering av material vid höga temperaturer, utveckling av deterministiska och probabilistiska metoder i säkerhetsanalyser
Kärnfysik, KTH	Skolan för teknikvetenskap, Institutionen för fysik,	Experimentell och teoretisk kärnfysik, nukleärmedicin, kärnämneskontroll
Kärnkemi, KTH	Skolan för Kemivetenskap, Institutionen för kemi, Avdelningen för tillämpad fysikalisk kemi	Strålningsinducerade processer i fasgränzytor, radikal- och strålningskemi frågeställningar rörande djupförvaret av utbränt kärnbränsle
Nukleär teknik, Chalmers	Institutionen för fysik, Avdelningen för subatomär och plasmafysik	Gen-II, III, and IV reaktorer, experimentell neutronfysik, härdfysik, termohydraulik, reaktor modellering, härdberäkning, multifysik, reaktordynamik, brusanalys, och ickespridning
Kärnkemi, Chalmers	Institutionen för Kemi- och kemiteknik,	Lösningskemi, separationsstudier vid transmutation,



	Avdelningen för Energi och material	reaktorvattenkemi och kemin vid slutförvar av bränsle, Gen-IV reaktorer
Fissionsdiagnostik och kärnämneskontroll, UU	Institutionen för fysik och astronomi, Avdelningen för tillämpad kärnfysik	Kärnbränslediagnostik, icke-spridning, neutronfysik
Kärnreaktionsgruppen, UU	Institutionen för fysik och astronomi, Avdelningen för tillämpad kärnfysik	Neutroninducerade kärnreaktioner exv. lättjonproduktion och fission, för olika tillämpningar inom bl.a. Gen-IV. Metoder för evaluering/ optimering av kärndata. dosimetri och cancerterapi med snabba neutroner, strålningseffekter på mikroelektronik,
Hållfasthet, KTH	Skolan för teknikvetenskap, Institutionen för hållfasthetslära	Brottmekanik & utmattning, materialteknik, bestrålningsförsprödning, tillförlitliga konstruktioner

Utbildningar

Inom kärnkraft finns tre huvudsakliga aktörer för högre utbildning; KTH, Chalmers och UU. KTH och Chalmers har tidigare tillhandahållit utbildningsprogram på masternivå riktade mot kärnkraftindustrin. UU har tillhandahållit en utbildning på högskoleingenjörsnivå inom energiteknik med inriktning mot kärnkraft. Bilden som finns från utredningen 2015 är:

Utbildning	Lärosäte	Huvudsaklig inriktning
Kärnkraftteknik masterprogram	KTH,	Reaktorfysik, reaktorteknologi, kärnkraftssäkerhet, kärnbränslecykeln, kärnfysik, termohydraulik, reaktordynamik, strålningens inverkan på material.
Kärnkraftteknik masterprogram	Chalmers	Reaktorfysik, reaktorteknologi, kärnkraftssäkerhet, kärnbränslecykeln, kärnfysik, termohydraulik, reaktordynamik, strålningens inverkan på material
Kärnkraftteknik, Högskoleingenjörsprogram	UU	Reaktorfysik, reaktorteknologi, kärnkraftssäkerhet, ”kemi, material och bränsle”, termohydraulik
Kärnkemi	KTH	Reaktorkemi, Kärnbränslecykelns kemi, Strålnings- och radikalkemi
Kärnkemi	Chalmers	Kärnkemi, tillämpad kärnkemi, aktinidkemi, extraktionskemi



Sedan utredningen 2015 har framförallt Uppsala universitet och Chalmers noterat nedgångar i intresset från studenter. Detta har medfört att UU sedan 2017 har valt att låta högskoleprogrammet med inriktning mot kärnkraftteknik vila. Chalmers har sedan 2017 lagt ner masterutbildningen men en grupp av Chalmersforskare arbetar fram ett förslag på masterprogram som innehåller utbildning inom alla strålningsvetenskaper och deras tillämpningar.

Universitet och Högskolor inom strålningsvetenskaper

Forskargrupper

Inom strålningsvetenskaper finns följande forskargrupper (tabellen utgår från utredningen 2015, men har kompletterats utifrån lärosätenas webbsidor):

Väsentligt kunskapsområde, lärosäte	Institution/avd/enhet	Huvudsaklig inriktning
Radiofysik, GU	Sahlgrenska akademien, Avdelningen för radiofysik	Dosimetri, detektorer och mätteknik, strålningsbiologi och strålskydd; samt tillämpningar inom radioekologi, strålskyddsberedskap, nuklearmedicin (diagnostik och terapi), röntgen, MR och strålbehandling (extern och brachy).
Onkologi och Patologi, KI/KS	Karolinska Institutet, Institutionen för Onkologi-patologi, forskningsområde medicinsk strålningsfysik	Optimering av strålbehandling
Centrum för strålningsmedicin och Kunskapscentrum för strålningsmedicin vid katastrofer	Karolinska Institutet, Institutionen för onkologi-patologi, forskningsområdet strålningsmedicin	Medicinska och biologiska effekter av strålning på mänskliga celler, individer och populationer, medicinsk beredskap för strålningshändelser
Radiofysik, LiU	Institutionen för medicin och hälsa, Avdelningen för radiologiska vetenskaper, Forskningsområde medicinsk radiofysik	Tillämpningar av joniserande och icke-joniserande strålning inom diagnostisk radiologi, nuklearmedicin, strålbehandling och strålskydd av patienter och personal samt vår miljö.
Medicinsk strålningsfysik, LU	Naturvetenskapliga fakulteten	Forskningsavdelningar bla inom Atomfysik, Kärnfysik, Partikelfysik, MAX-lab



Medicinsk strålningsfysik, LU	Medicinska fakulteten, Institutionen för Translationell Medicin	Omgivningsradiologi, MRI, nuklearmedicin, röntgenfysik, skonsam radioterapi, strålskyddsberedskap
Mark och miljö, SLU		Samspelet mellan människan, marken, växten och den omgivande miljön.
CRPR, SU	Centrum för strålskyddsforskning Institutionen för Molekylär biovetenskap, Wenner-Grens institut	Centrum för strålskyddsforskning, består av forskare verksamma inom områdena strålningsbiologi, radioekologi samt strålningsdosimetri vid Stockholms universitet och Karolinska institutet.
Medicinsk strålningsfysik, SU	Fysikum, forskningsavdelning Medicinsk strålningsfysik	Optimering av strålbehandling, nuklearmedicin och MR.
Ekologi/Radioekologi, SU	Institutionen för ekologi miljö och botanik	Marin radioaktiv förorening.
Umeå, FOI		Kärnvapenhot, Kärnvapenfysik, Direktverkan av kärnvapen, CBRN-hot från icke statliga aktörer, Nedrustning och icke-spridning, Nationellt, Nukleär verifikation, Avancerade RN mätningar, RN-effektmodeller, RN-Dosimetri, CBR-Sanering, BR-skydd
Strålningsvetenskap, UmU	Institutionen för strålningsvetenskaper	Diagnostisk radiologi, onkologi, radiofysik och medicinsk teknik
Radiologi, UU	Institutionen för kirurgiska vetenskaper	Utbildning och forskning med huvudinriktningen diagnostik och intervention med radiologiska metoder.
Miljötoxikologi, UU		Kemikaliers och joniserande strålnings påverkan på olika funktioner hos ryggradsdjur.
Medicinsk strålningsvetenskap, UU	Institutionen för immunologi, genetik och patologi (IGP), medicinsk strålningsvetenskap	Strålningsbiologi, strålskydd, optimering av strålbehandling



Utbildningar

Utbildning inom medicinska tillämpningar och strålningsdosimetri finns vid universitet och högskolor på åtta platser i landet (vid alla universitetssjukhus, utom Linköpings, och därtill även vid Jönköping, KTH och Luleå). Utbildning inom strålningsbiologi och radioekologi finns vid universitet och högskolor på sex platser i landet.

Utbildningsprogram för sjukhusfysiker finns vid GU, LU, SU och UMU.

Utbildningsprogram för röntgensjuksköterskor finns vid GU, LU, KI, UMU, LTU, JU, ORU, UU.

Vidareutbildning

Inom kärnteknik sker mycket av den praktiska utbildningen och vidareutbildningen av anställda inom branschen och KSU⁶ är en nyckelaktör. All drift- och underhållspersonal får ett utbildningspaket genom KSU när de anställs. För tjänster som kräver högskoleutbildning, och högre, görs även vidareutbildning genom uppdragsutbildning hos universitet (till exempel kurser hos NANSS vid UU i samarbete med KSU), Chalmers Professional Education eller hos privata nationella eller internationella utbildningsföretag. Utveckling genom att göra eller delta i utveckling- och forskningsprojekt är också relativt vanligt. Som framkommit under utredningen finns en stor risk att grundutbildningar i framtiden blir mer generella vilket medför att behovet av vidareutbildning kommer att vara fortsatt högt eller öka. Den kärntekniska branschen har förutsättningar och ett system för att möta detta.

Även Westinghouse i Sverige (WSE) tillhandahåller utbildningar, för såväl egen personal som extern personal, för bl.a. driftpersonal, underhållspersonal och ingenjörer oberoende av grundläggande utbildningsnivå. I dessa utbildningar inkluderas också aspekter av typen "know-why" som enbart är kända av ursprungskonstruktören av den specifika reaktorläggningen.

⁶ KSU är en del av Vattenfallskoncernen och ägs av Forsmarks Kraftgrupp AB, OKG AB, Ringhals AB.

Bilaga 4 – Enkätundersökning

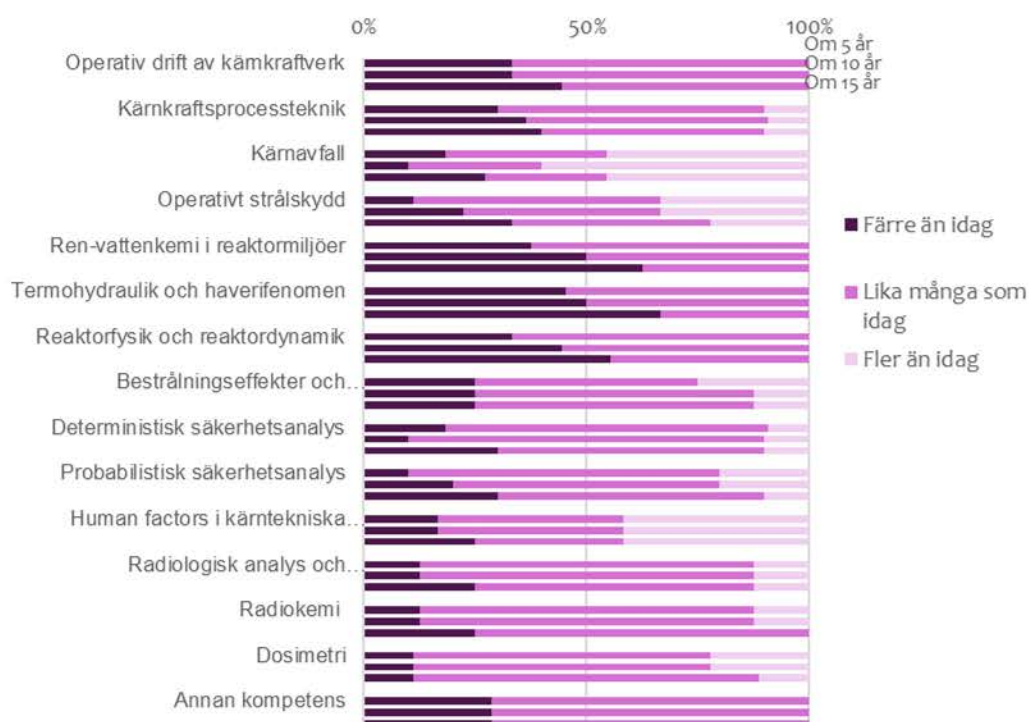
Inom ramen för regeringsuppdraget har en enkätundersökning skickats till samtliga tillståndshavande och anmälningspliktiga verksamheter i strålning i Sverige. Syfte med enkäten har varit att kartlägga nationell kompetens och fånga kompetensbehov hos intressenterna och på så sätt skapa en bild av den nationella kompetensförsörjningen med utgångspunkt i behov i verksamheter med strålning. Genom ett stort antal systematiska svar fås även en kvalitetssäkring av information om problem med kompetensförsörjningen och framtida utmaningar. Nedan redovisas ett sammandrag av resultaten från enkätundersökningen, en mer heltäckande redovisning går att hitta i [15].

Kärnteknisk industri

Kompetensområden

Figur 3 nedan visar andel av respondenterna som svarat ”Färre”, ”Lika många” eller ”Fler” på frågan: ”Hur många personer med kompetens specifikt kopplad till strålning, strålskydd eller kärnteknik bedömer ni att ni kommer att ha anställda i framtiden, jämfört med idag?”.

Hur många personer med kompetens specifikt kopplad till strålning, strålskydd eller kärnteknik bedömer ni att ni kommer att ha anställda i framtiden, jämfört med idag?
(n=16)



Figur 3 Uppskattning av framtida kompetensbehov inom kärnteknisk sektor. Antal respondenter n=16.

Majoriteten av svaren indikerar att inom områdena ”operativ drift”, ”kärnkraftsprocessteknik”, ”ren-vattenkemi”, ”termohydraulik och haverifenomen”, ”reaktor fysik” eller ”annan kompetens” kommer antalet att vara *färre eller lika många*



som idag. Med undantag för området ”annan kompetens”, antyder svaren att också att antalet minskar stadigt med tiden.

Inom områdena ”operativt strålskydd”, ”bestrålningseffekter”, ”deterministiska” och ”probabilistiska säkerhetsanalyser”, ”radiologisk analys”, ”radiokemi” och ”dosimetri” anger de flesta ett antal som är ungefär *lika många* som idag. Svaren antyder möjligen att något fler ser ett mindre antal på 15-års sikt än på 5-års sikt, men inte i sådan omfattning eller med sådan tydlighet att det skulle påverka den övergripande bilden av ett relativt stabilt antal anställda.

För områdena ”kärnavfall” och ”human factors” tror de flesta respondenterna att de kommer att ha *fler eller lika många* anställda som idag inom. Svaren antyder möjligen att något fler ser ett mindre antal på 15-års sikt än på 5-års sikt, men inte i sådan omfattning eller med sådan tydlighet att det skulle påverka den övergripande bilden av ett stabilt eller något ökande antal.

För nästan samtliga kompetenser utgör erfarna anställda, med minst 16 års erfarenhet, en betydande andel av arbetsstyrkan men inte en majoritet, vilket indikerar en balanserad erfarenhetsprofil. Informationen från referensgruppsmötena bekräftar också att det inte finns något övergripande generationsskifte i antagande. Ett undantag är kompetensen ”human factors” inom vilket antalet erfarna medarbetare är litet. Kompetensöverföring kan därför vara en utmaning inom detta område, särskilt om antalet anställda inom området ökar.

Sammanfattningsvis tyder enkätundersökningen på ett relativt stabilt kompetensbehov inom den kärntekniska industrin, men där kompetensområdena skiftar från områden relaterade till den operativa driften av kärnkraftverk till andra områden. Det kan noteras att områdena ”operativ drift av kärnkraftverk” och ”kärnkraftsprocessteknik” är de kompetenser som samlar flest anställda och att en förändring inom dessa områden berör ett större antal personer.

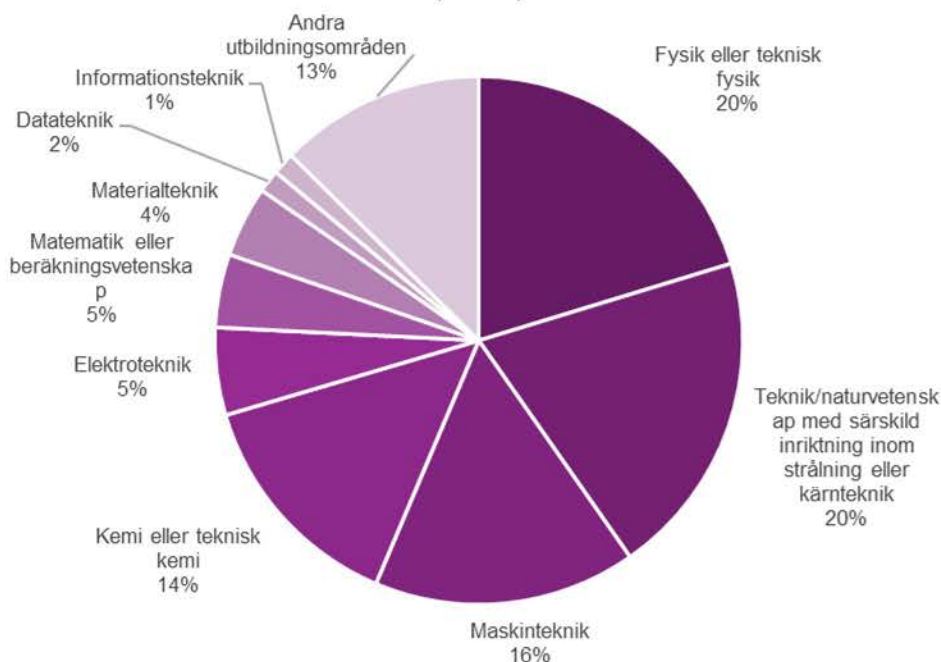
Enkäten innehöll även en fråga om vilka kommande förändringar som kommer att ha en påverkan på kompetensbehoven. Enligt de öppna svaren kommer avveckling och rivning av kärnkraftverk att ha mest betydande påverkan inom SSM:s ansvarsområde. Även tillståndshavarnas uppdragstagare påverkas av avvecklingen av kärnkraftverk genom att de involveras i arbetet. Ett par tillståndshavare nämnde även övergången till långtidsdrift av kvarvarande kärnkraftverk, vilket någon menar kommer att omfatta modernisering av elkraft- samt I&C för säkring av drift till och med 2045.

Tillståndshavarna har gett olika svar kring kompetenser som kan tillkomma. Befintliga kompetenser idag kommer att behövas men disponeras på annat sätt i framtiden. Rörande avveckling av kärnkraftverk kommer behov av specifika kompetenser som rivning av kärntekniska anläggningar och friklassning tillkomma. Möjligen kan även en befattning som avvecklingsingenjör tillkomma. En tillståndshavare nämner långtidsdrift (Long term operations, LTO) av kärnkraftverk som ett kompetensområde som kan bli mer aktuellt.

Utbildningsområden

Figur 4 nedan visar den fördelningen av respondenternas rekryteringsbehov efter vilket utbildningsområde de som rekryteras bör ha utbildning inom.

Hur stora andelar av ert rekryteringsbehov för anställda med kompetens specifikt kopplat till strålning, strålskydd eller kärnteknik kommer från följande utbildningsområden?
(n=14)



Figur 4 Sammanställning av beräknade andelar av de utbildningsområden från vilka rekryteringar huvudsakligen görs inom kärnteknisk sektor. Antal respondenter n=14.

Personer med utbildning inom ”teknik/naturvetenskap med särskild inriktning mot strålning eller kärnteknik” utgör en betydande andel, 20 procent, av branschens rekryteringsbehov. I antal motsvarar detta några tiotals personer per år för branschen som helhet. Tillsammans med ”fysik/teknisk fysik” utgör dessa sammanlagt 40 procent av branschens rekryteringsbehov. Ytterligare 30 procent av rekryteringsbehovet utgörs av personer med utbildning inom ”maskinteknik” respektive ”kemi eller teknisk kemi”. Samtliga utbildningsområden berör kompetenser inom SSM:s ansvarsområde, och i synnerhet gäller det ”teknik/naturvetenskap med särskild inriktning mot strålning eller kärnteknik”.

På en öppen fråga om andra utbildningsområden som man behöver personal med utbildning inom har tillståndshavarna nämnt sådana som inte motsvarar något befintligt utbildningsområde. Exempel är kompetenser som behövs för avveckling, eller kompetenser som ingår i utbildningsområden som maskinteknik (turbinteknik) och elektroteknik (elkraft). Ett par tillståndshavare har nämnt andra behov i form av olika kompetenser inom byggteknik samt inom beteendevetenskap.

Enkäten innehöll även en fråga om utbytbart vid rekrytering till de befattningar som kräver specifik kompetens inom SSM:s ansvarsområde. Utbildningens inriktning är enligt de svarande av mindre vikt, särskilt ju högre utbildningsnivå personen har. Eftersom huvuddelen av den sektorsspecifika kompetensen förmedlas genom lärande under anställningen är den personliga inlärningsförmågan viktigare än utbildningen. En tillståndshavare nämnde att personer med utbildning inom Teknisk fysik kan ersätta personer från andra utbildningsområden som ”materialteknik”, ”maskinteknik”, ”elektroteknik” och ”datateknik”.



De anställda med kompetens inom SSM:s ansvarsområde har dock i hög grad (34 procent) gymnasieutbildning som högsta utbildningsnivå. Högskoleutbildade upp till tre år (24 procent) och anställda annan eftergymnasial yrkesutbildning (10 procent) utgör sammantaget också en stor andel (34 procent). Detta återspeglar att teknisk gymnasieutbildning och högskoleingenjörsutbildning har lyfts som angelägna insatsområden från branschens företrädare även vid referensgruppsmöten. Men det innebär också att vid läsning av figur 4 bör man ha i åtanke att det aktuella rekryteringsbehovet inte utgörs av endast högskoleutbildade.

En stor majoritet av respondenterna förväntar sig att rekryteringsbehovet kommer att vara lika stort för samtliga utbildningsområden på såväl 5 och 10 år som på 15 års sikt. Inom områdena "datateknik", "elektroteknik" och "teknik/naturvetenskap med särskild inriktning inom strålning eller kärnteknik" förväntar sig respondenterna snarare ett större rekryteringsbehov än ett lägre, och då särskilt om 5 år. Detta är också i linje med synpunkten från branschföreträdare vid referensgruppsmöten, att även om reaktorer avvecklas finns ett rekryteringsbehov som kommer att öka kommande år.

Öppna frågor om vilka utbildningar som anordnas internt respektive upphandlas externt, har tillståndshavarna besvarat med att de anordnar omfattande utbildningar på egen hand. Detta är i linje med att huvuddelen av de anställda får sin sektorsspecifika kompetens inom ramen för sin anställning. Vidareutbildning inom kärnteknisk industri domineras stort av korta utbildningar som kan antas vara obligatoriska skyddsutbildningar. Detta kan indikera att den långsiktiga kompetensutvecklingen för att utveckla spjutspetskompetenser i huvudsak genomförs på andra sätt än genom formella kurser, och ger upphov till frågan om lärosätenas betydelse för vidareutbildning inom sektorn skulle kunna stärkas.

Statistik över utbildningsnivåer

Nedan ges en bild av hur många anställda det finns med olika utbildningsnivåer hos de dominerande arbetsgivarna i den kärntekniska industrin. Data över antal anställda med olika utbildningsnivåer kommer från SCB:s databas RAMS (Registerbaserad arbetsmarknadsstatistik). Arbetsgivare är; Studsvik Nuclear, OKG, Westinghouse Electric Sweden, Barsebäck Kraft, KSU, FKA, SKB, VNF, SVAFO, RAB och Cyclife Sweden.

Tabell 2 nedan anger antal personer med olika utbildningsnivåer hos de större arbetsgivarna i kärnkraftsindustrin. Tabellen visar att en viss del utrikesfödda personer som har fått sin utbildning i Sverige stannar i Sverige, och att andelen utrikesfödda ökar med ökande utbildningsnivå.

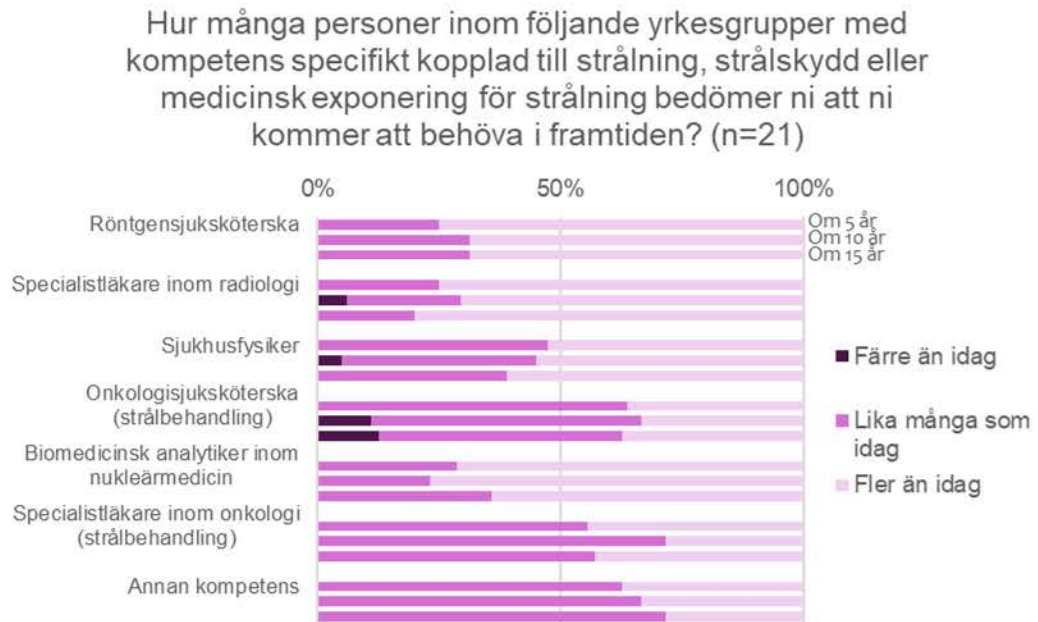
Utbildningsnivå	Antal	Andel utrikesfödda
Grundskola	262	4%
Gymnasial	1860	3%
Eftergymnasial utbildning (ej akademisk)	1088	8%
Högskoleutbildning (upp till 3 år)	1400	5%
Högskoleutbildning (4-5 år)	1016	11%
Forskarutbildning	202	21%
Totalsumma	5444	7%

Tabell 2 Utbildningsnivåer hos arbetstagare hos de större arbetsgivarna i kärnkraftindustrin.

Medicins verksamhet med strålning

Kompetensområden

Figur 3 nedan visar andel av respondenterna som svarat ”Färre”, ”Lika många” eller ”Fler” på frågan: ”Hur många personer inom följande yrkesgrupper med kompetens specifikt kopplad till strålning, strålskydd eller medicinsk exponering bedömer ni att ni kommer att behöva i framtiden?”.



Figur 5 Uppskattning av framtida kompetensbehov inom sjukvården. Antal respondenter n=21.

Svaren visar att inom samtliga områdena kommer behovet av personer att vara *fler eller lika många*. Inom yrkesgrupperna ”röntgensjuksköterskor”, ”specialistläkare inom radiologi”, ”sjukhusfysiker” och ”biomedicinska analytiker inom nukleärmedicin” bedömer en majoritet av respondenterna att behovet kommer att öka. Inom yrkesgrupperna ”onkologisjuksköterskor”, ”specialistläkare inom onkologi” och ”annan kompetens” är det en mindre andel som bedömer att behovet kommer att öka, och de flesta bedömer att antalet anställda kommer att vara lika många även framöver. Verksamheter med avancerad strålbehandling är underrepresenterade i gruppen svarande, som domineras av landsting utanför storstadsområdena, vilket kan innebära att fördelningen av svar vad gäller just detta kompetensområde inte motsvarar populationen. Kompletterande frågor till företrädare för storstadslandstingen har dock bekräftat att bristen är större i antal personer inom diagnostiska tillämpningar, men att kompetensbehovet är djupare och mer specialiserat inom strålbehandling⁷.

På en fråga om vilka kommande förändringar av verksamheterna som kommer att påverka kompetensbehoven nämns både nya, mer avancerade och komplexa metoder eller tekniker, samt ökad användning av befintliga tekniker. Områden som nämns som ökande är bland annat CT, MR och kombinerade tekniker som SPECT/CT och PET/CT, samt radiofarmakaproduktion med cyklotron. Några respondenter har även nämnt att strålbehandling blir mer avancerad. På en öppen fråga om vilka andra kompetenser som kommer att tillkomma har respondenterna i liten utsträckning identifierat nya

⁷ Telefonintervju med tre representanter för Västra Götalandsregionen 2018-03-01 samt e-postkontakt med sjukhusfysiker vid Karolinska institutet 2018-03-18.

kompetensbehov, som tillkommer utöver dem som listas i enkäten. Några har nämnt system- och datavetare som ett nytt behov, liksom kompetenser för att arbeta på hybridlaboratorier eller att kunna både nuklearmedicin och datortomografi. För sjukhusfysiker specifikt har nämnts gränsöverskridande kompetens inom bildbehandling och strålbehandling, samt en formaliserad klinisk utbildning efter legitimation.

Utbildningsområden

Figur 6 nedan visar fördelningen av svar på frågan: ”Hur många personer har ni behov av att rekrytera inom följande yrkesgrupper detta år?”



Figur 6 Sammanställning av beräknade andelar av de utbildningsområden från vilka rekryteringar huvudsakligen görs inom sjukvården. Antalet respondenter n=19.

Personer med utbildning inom ”teknik/naturvetenskap med särskild inriktning mot strålning eller kärnteknik” utgör en betydande andel, 20 procent, av branschens rekryteringsbehov. I antal motsvarar detta några tiotals personer per år för branschen som helhet. Tillsammans med ”fysik/teknisk fysik” utgör dessa sammanlagt 40 procent av branschens rekryteringsbehov. Ytterligare 30 procent av rekryteringsbehovet utgörs av personer med utbildning inom ”maskinteknik” respektive ”kemi eller teknisk kemi”. Samtliga utbildningsområden berör kompetenser inom SSM:s ansvarsområde, och i synnerhet gäller det ”teknik/naturvetenskap med särskild inriktning mot strålning eller kärnteknik”.

Rekryteringsbehovet bland aktuella yrkesgrupper är betydande, ca 10 procent av personalstyrkan, vilket är i linje med att det finns personalbrist och stora och ökande rekryteringsbehov i vården i stort. Rekryteringsbehovet i respondenternas verksamheter domineras av ”röntgensjuksköterskor”, 41 procent av arbetsstyrkan och ”specialistläkare inom radiologi”, 36 procent av arbetsstyrkan. Rekryteringsbehovet av specialistläkare inom radiologi har inte uppmärksammats under referensgruppsmöten då man förutom röntgensjuksköterskor påtalat behovet av onkologisjuksköterskor. Oron kring kompetensförsörjningen av onkologisjuksköterskor skulle kunna förklaras av en



sammanblandning av olika typer av brister, inte bara vad gäller antal tillgängliga arbetstagare, utan även vad gäller intresset bland studenter för motsvarande utbildningar samt vad gäller utbildningarnas innehåll och utformning. Få respondenter har nämnt andra alternativ som svar på en öppen fråga om vilka andra yrkesgrupper med kompetens inom SSM:s ansvarsområde som man ser rekryteringsbehov inom. Yrkesgrupper som nämnts är systemvetare, programmerare, ingenjörer och farmaceuter.

Generellt förväntar sig respondenterna i mycket hög grad ökande och stora rekryteringsbehov över lång tid framöver. Rekryteringsbehovet av specialisläkare inom onkologi med särskilda kompetenser inom strålbehandling förväntas vara stabilt i landstingen utanför storstadsområdena (och därmed begränsat, givet att det är en mindre grupp). Samtidigt förväntas inom Stockholms läns landsting strålbehandlingen expandera stort inom de kommande tio till femton åren, vilket tyder på en skillnad i hur rekryteringsbehov fördelar sig mellan olika yrkesgrupper och olika delar av landet.

I linje med förväntningarna på en växande personalstyrka planerar respondenterna även för något mer omfattande vidareutbildning framöver. Omfattningen av vidareutbildning kan sägas vara stabil enligt respondenternas förväntningar, förutom vad gäller de längsta utbildningarna (över en vecka) som förväntas öka. Det är oklart vilken typ av vidareutbildning som avses med dessa längre utbildningar. Respondenterna har i huvudsak angett att de själva anordnar den strålskyddsutbildning som är obligatorisk enligt gällande föreskrifter. Det gäller samtliga yrkesgrupper och befattningar som är i behov av sådan skyddsutbildning. De utbildningar som upphandlas externt är exempelvis specialiserade utbildningar för läkare, och utbildningar i handhavande vid upphandling av ny utrustning.

Tandvård och veterinärvård

Arbetsmarknadens struktur inom tandvård och veterinärvård liknar den inom sjukvården vad gäller strålsäkerhet. Svaren från tandvårdsverksamheter visar att utöver tandläkare har såväl tandsköterskor som tandhygienister specifik kompetens inom SSM:s ansvarsområden. Huvuddelen av de svarande inom tandvårdsverksamheter har angett panoramaröntgen (OPG) som specifik kompetens. Andra specifika tekniker som nämns i ett tiotal svar är Cone Beam Computed Tomography (CBCT). En liten andel av tandvårdsverksamheterna har även sjukhusfysiker eller specialisttandläkare inom odontologisk radiologi i, eller kontrakterade av, verksamheten.

Jämfört med tandvården har verksamheter inom veterinärvård angett en i snitt högre utbildningsnivå hos den personal som har specifik kompetens inom SSM:s ansvarsområden. Förutom veterinärer är övriga yrkesgrupper inom veterinärvård djursjukskötare och djurskötare. Datainsamlingen indikerar att tandhygienister och tandsköterskor har jämförelsevis större ansvar och befogenheter i tillämpningar av strålning inom tandvården, än vad som är fallet för djursjukskötare och djurskötare i veterinärverksamheter. Nästan samtliga av de svarande inom veterinärverksamheterna har angett veterinärutbildningen, och däri ingående grundläggande utbildning i strålning och strålskydd, som deras huvudsakliga kompetenser inom SSM:s ansvarsområde. Några har även pekat på att utbildningen till djursjukskötare relativt nyligen förlängts till tre år med större andel strålningsinnehåll (röntgen).

I samtliga fall har en majoritet av respondenterna svarat att de kommer att behöva lika många eller fler anställda med kompetens inom SSM:s ansvarsområde som idag. Det tyder på att det inom tandvård eller veterinärvård inte saknas personal i lika stor utsträckning som inom sjukvården, men att det finns ett stabilt rekryteringsbehov.



Majoriteten av respondenterna inom tandvård och veterinärvård har inte sett några kommande förändringar som skulle påverka deras kompetensbehov dramatiskt. En betydande andel har dock angett liknande svar som respondenterna inom sjukvården, att de förväntar sig implementering av ny utrustning. Det gäller utrustning för Cone Beam Computed Tomography (CBCT) inom tandvården respektive utrustning för datortomografi (CT) samt tandröntgen inom veterinärvården. Flera respondenter har också angett att de förväntar sig att användning av röntgenutrustning kommer att öka och att verksamheten kommer att expandera.

Övriga tillståndshavare och anmälningspliktiga

Övriga tillståndshavare och anmälningspliktiga omfattar en stor och heterogen grupp. Sammantaget finns bland dessa en stor majoritet av verksamheter med gymnasieingenjörer och tekniker med strålskyddsutbildning och kompetens i handhavande av verksamhetens strålkällor. Utöver detta finns en liten minoritet av utvecklingsverksamheter med höga utbildningsnivåer och expertkunskap inom vissa spetskompetenser. Dessa beskrivs i flera fall som radio- eller sjukhusfysiker, eller anställda med forskarutbildning och erfarenhet av strålningsrelaterad forskning, och i vissa fall med erfarenhet från kärnkraftssektorn. Sådana verksamheter med egen utveckling finns inom samtliga undergrupper.

En liten andel av de övriga tillståndshavarna har en strålskyddsexpert knuten till verksamheten. Verksamheter med strålskyddsexpert som svarat omfattar öppna strålkällor, instrument för radiografering och ett fåtal acceleratörer. Utöver strålskyddsexperterna och personal med obligatorisk strålskyddsutbildning indikerar enkäten att de anställdas huvudsakliga kompetenser inom SSM:s ansvarsområde är relaterat till handhavande av de aktuella strålkällorna.

De övriga tillståndshavarna och anmälningspliktiga verksamheterna omfattar även en betydande grupp av verksamheter som handlar med eller installerar strålkällor. Denna undergrupp bland övriga verksamheter har vanligen tillgång till kompetens på högskolenivå eller högre. Verksamhetsområdena fördelar sig i huvudsak mellan strålkällor för vårdverksamhet, industriella strålkällor för exempelvis radiografering, då huvudsakligen röntgenutrustning, samt avskärmningsteknik. Gruppen omfattar allt från verksamheter som är rena återförsäljare eller uthyrare av utrustning, verksamheter som har kompetens för handhavande, installation och utbildning, samt verksamheter med egen utveckling där personalen har forskarutbildning inom strålningsrelaterade områden. Huvuddelen av svaren anger att kompetens fås genom obligatorisk strålskyddsutbildning och i flera fall har de någon form av strålskyddsansvarig.

Majoriteten av övriga tillståndshavare och anmälningspliktiga är en bred och mycket heterogen grupp med stora andelar anställda med gymnasie- eller yrkesutbildning. En stor andel respondenter har angett att de inte har någon specifik kompetens inom SSM:s ansvarsområden. I den gruppen nämns att de anställda har kunskap om exempelvis när tillstånd krävs, kunskap om föreskrifter, och allmän kunskap om att strålning är skadligt. Ytterligare en betydande andel har angett att de har specifik kompetens i handhavande av instrument, som de ofta fått som utbildning från leverantörer. Det gäller utrustning som nivåvakter, XRF, radiografiutrustning och annan röntgenutrustning. Ytterligare en betydande andel har angett att de har någon form av strålskyddsutbildning i linje med de krav som finns, i vissa fall inklusive en strålskyddsansvarig.

Svaren på frågor om hur många anställda med kompetens inom SSM:s ansvarsområde respondenterna förväntar sig ha i framtiden indikerar att antalet inte kommer att minska inom urvalsgruppen. Oavsett undergruppering har de flesta av respondenterna ansett att de



kommer att behöva lika många eller fler med kompetens inom SSM:s ansvarsområde som idag. Svaren på en öppen fråga om vilka kommande förändringar i verksamheten som kommer att påverka kompetensbehoven ger några fingervisningar om hur respondenterna har resonerat. Huvuddelen av gruppen av övriga verksamheter har angett att de inte ser några kommande större förändringar som kommer att påverka kompetensbehovet framöver. Därutöver kan konstateras att det både sker en rationalisering inom vissa tillämpningar där strålkällor ersätts av annan teknik, och en ökning inom andra tillämpningar, där en ökad efterfrågan driver en ökad användning av strålkällor.