



Rapport

Datum: 2022-02-11

Diariernr: SSM2022-1049

Dokumentnr: SSM2022-1049-2

Handläggare: Anna Alvestav

Samråd: FO, SSM

Godkänt av: Per Seltborg

Sammanfattande behovsanalys för forskningsfinansiering för 2023

Sammanfattning

Denna behovsanalys visar översiktligt behov av forskning som identifierats inom de forskningsområden som Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) delat in verksamhetsområdet i. För respektive område beskrivs kortfattat syften som myndigheten önskar med forskningen och i viss mån ambitionsnivå inom olika områden. Behovsanalysen lyfter även behov av strategiska satsningar som antingen är mycket kostsamma eller som berör flera områden. Underlaget i detta dokument baseras på sammanställningar som gjorts av SSM:s handläggare i sina respektive behovsanalyser.

Behovsanalysen utgör det underlag som forskningsplanen tas fram utifrån. Utlysningar kommer att formuleras utifrån detta underlag och strategiska forskningssammanhang planeras in. Behoven som tas upp i analysen är sammantaget större än vad SSM har möjlighet att finansiera men utlysningar kommer att formuleras som omfattar alla områden.



Innehåll

Sammanfattning	1
Förkortningar	3
1 Inledning	4
2 Metod	4
3 Strategiska satsningar	4
3.1 Forskningsområden av strategisk betydelse	4
3.2 Kritiska områden	5
3.3 Vetenskapligt råd för hälsoeffekter till följd av exponering från joniserande strålning inom lågdosområdet	5
3.4 Medel för utrustning	5
4 Områdesvisa behov av forskning	6
4.1 Forskningsområden som finansieras av anslagspost 1	6
4.1.1 Strålningsbiologi	6
4.1.2 Strålningsdosimetri	6
4.1.3 Strålskydd inom sjuk- och hälsovård	7
4.1.4 Icke-joniserande strålning	7
4.2 Forskningsområden som kan finansieras av flera anslagsposter	8
4.2.1 Strålskydd inom beredskap	8
4.2.2 Radioekologi	8
4.3 Forskningsområden som finansieras av anslagspost 3	9
4.3.1 Nukleär icke-spridning och kärnämneskontroll	9
4.3.2 Människa Teknik Organisation (MTO)	9
4.3.3 Strålskydd för arbetstagare, allmänhet och miljö	10
4.3.4 Instrumentering och kontrollsystem (I&C)	10
4.3.5 Kraftförsörjning	10
4.3.6 Probabilistisk säkerhetsanalys (PSA)	11
4.3.7 Inre händelser	11
4.3.8 Yttre händelser	11
4.3.9 Nukleärt säkerhetsskydd	12
4.3.10 Reaktor fysik, termohydraulik och kärndata	12
4.3.11 Svåra haverier och haverikemi	12
4.3.12 Kärnbränslekonstruktioner	13
4.3.13 Konstruktioner och material	14
4.4 Forskningsområden som finansieras av Kärnavfallsfonden	15
4.4.1 Avfallshantering	15
4.4.2 Avveckling	15
4.4.3 Tekniska barriärer i slutförvar	15
4.4.4 Geosfär i samband med slutförvar	16
4.4.5 Biosfär och konsekvensanalys för slutförvar	16
4.4.6 Samhällsvetenskapliga frågeställningar rörande avfallshantering, avveckling och slutförvar	17
5 Referenser	17



Förkortningar

AI	Artificiell intelligens
APRI	Accident Phenomena of Risk Importance
ATF	Accident Tolerant Fuel, olyckstolerant kärnbränsle
CCF	Common Cause Failure, Fel med gemensam orsak
EMF	Elektromagnetiska fält
KAF	Kärnavfallsfonden
HTO	Humans, technology and organisation
IAEA	International Atomic Energy Agency, Internationella atomenergiorganet
I&C	Instrumentering och kontrollsystem
MTO	Människa, teknik och organisation.
OECD/NEA	Organisation for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency
PIANOFORTE	Europeiskt partnerskap för strålskyddsforskning
PSA	Probabilistiska Säkerhetsanalyser
NBSG	Nationella Brandsäkerhetsgruppen
NKS	Nordisk kärnsäkerhetsforskning
NPSAG	Nordiska PSA Gruppen
SCIP	Studsvik Cladding Integrity Program
SFR	Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall
SFL	Slutförvaret för långlivat avfall
SKC	Svenskt Kärntekniskt Centrum
SMILE	Studsvik Material Integrity Life Extension
SMR	Small Modular Reactors, små modulära reaktorer
SOU	Statens offentliga utredningar
SSM	Strålsäkerhetsmyndigheten
UV	Ultraviolett

1 Inledning

Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM) har ett samlat ansvar inom områdena strålskydd, kärnsäkerhet och nukleär icke-spridning. Myndigheten verkar inom ramen för de lagar och förordningar som reglerar vårt arbete med att skapa ett strålsäkert samhälle. SSM ” ställer krav på den som bedriver verksamhet med strålning, kontrollerar att kraven uppfylls och ger råd om skydd mot strålning. Kraven och råden vilar på vetenskaplig grund. SSM finansierar även forskning och har beredskap dygnet runt.

I myndighetens forskningsstrategi [1] framgår att SSM:s forskningsfinansiering syftar till att:

- ta fram ny kunskap som kan ligga till grund för dessa beslut och överväganden så att myndigheten kan bedriva en effektiv och vederhäftig verksamhet och vara pådrivande i strålsäkerhetsarbetet, och
- bidra till att upprätthålla och utveckla den kompetens som behövs för att ta fram ny och använda tillgänglig kunskap, både inom myndigheten och nationellt.

SSM finansierar varje år forskning för ca 80 mnkr inom ett brett spektrum av ämnen.

Finansieringen sker genom anslag till myndigheten genom tre poster:

- anslagspost 1 (ap. 1) för hela myndighetens verksamhetsområde (10-15 mnkr)
- anslagspost 3 (ap. 3) för områden som omfattas av avgifter från kärnkraftverken (ca 60 mnkr)
- anslag från kärnavfallsfonden, KAF, för avfallshantering, avveckling och slutförvar (ca 10 mnkr).

Denna behovsanalys syftar till att översiktligt visa behov av forskning och utredning inom de respektive ämnesområdena och är indelad utifrån dessa anslagsposter. Behovsanalysen kommer att vara det underlag som arbetet med att ta fram en forskningsplan för 2023 utgår från.

2 Metod

Behovsanalysen grundas på områdesvisa behovsanalys som genomförts av sakkunniga inom respektive område vid myndigheten. Stöd och inspel har även hämtats från SSM:s nämnd för forskningsfrågor och från kärnkraftindustrins forskningschefer.

3 Strategiska satsningar

3.1 Forskningssammanhang av strategisk betydelse

SSM deltar i ett antal forskningssammanhang som är av strategisk betydelse. Till dessa räknas följande:

- EU-finansierade projekt som kräver nationell motfinansiering (s.k. partnerskap).
- Kompetensstödande finansieringsprogram som är avgörande för den nationella kompetensförsörjningen (NKS och SKC).
- OECD/NEA-projekt där Sverige är värdland (SCIP och SMILE).
- Projekt som av annan anledning är av avgörande betydelse för myndighetens verksamhet eller uppdrag (t.ex. deltagande i Energiforsks program, NPSAG, in-kind-bidrag i internationella sammanhang).

För att stötta den nationella kompetensen inom SSM:s verksamhetsområde krävs det att SSM medfinansierar vissa EU-projekt. Regeringen har som mål att svenska forskare ska ta hem en större del av EU:s forskningsfinansiering och för att göra detta krävs medfinansiering av de så kallade partnerskapen (co-funded partnership). SSM har t.ex. för



avsikt avsätta ca 2 miljoner kr per år för perioden 2023-2025 för medfinansiering av svenska forskningsprojekt inom ramen för partnerskapet PIANOFORTE.

3.2 Kritiska områden

SSM har i regeringsuppdraget i [2] identifierat ett antal forskningsområden som kritiska och sårbara, med vilket avses att de bl.a. endast finansieras genom SSM:s forskningsmedel. I regeringsuppdraget identifierades följande sex områden (några av namnen på områdena har justerats sedan dess men det som avses är samma områden):

- reaktorfysik, termohydraulik och kärndata
- svåra haverier och haverikemi
- nukleär icke-spridning och kärnämneskontroll
- strålningsbiologi
- radioekologi
- strålningsdosimetri.

Finansiering av dessa övervägas extra vid beslutet av forskningsplanen då det kan vara aktuellt med strategiska satsningar. Satsningar följer riktlinjer utpekade i regeringsuppdraget i [3] och riktas i huvudsak till forskargrupper vid svenska lärosäten. Satsningarna är i regel i form av bidrag till tjänster (doktorander eller post-doktorander) eller mer allmänna kompetensstöd till forskargrupper.

3.3 Vetenskapligt råd för hälsoeffekter till följd av exponering från joniserande strålning inom lågdosområdet

I samband med kriget i Ukraina och den mediala uppmärksamheten kring dessa händelser har SSM åter identifierat ett behov av att kunna ha tillgång till kompetens för att vederhäftigt kunna bemöta påståenden kring eventuella hälsoeffekter kopplat till låga stråldoser. Det har mot denna bakgrund framförts önskemål om att SSM knyter till sig forskare som kan stötta myndigheten i bedömningar och uttalanden kring lågdos-studier.

För att ge SSM vägledning och stöd har det därför i behovsanalysen föreslagits att utvärdera behovet av att upprätta ett vetenskapligt råd för hälsoeffekter till följd av exponering från joniserande strålning inom lågdosområdet. Rådet bör få till uppgift att regelbundet sammanställa forskningsläget avseende hälsoeffekter samt att vid behov ge vägledning till SSM inom området.

3.4 Medel för utrustning

I regeringsuppdragen om kompetensförsörjning 2015 [4], 2018 [2] samt i förslag till regeringen 2022 [5] noterades behovet att utreda den experimentella infrastrukturen, och tillhandahålla en basfinansiering där även kostnader för utrustning och overhead täcks. I behovsanalysen inför 2023 har behovet av att SSM finansierar utrustning framkommit inom flera områden: beredskap, kärnkraftteknik, svåra haverier m.fl. SOU-rapporten ”Stärkt fokus på framtidens forskningsinfrastruktur” [6] har utrett frågan och pekar på att det finns fördelar med en mångfald av aktörer som finansierar infrastruktur.

4 Områdesvisa behov av forskning

4.1 Forskningsområden som finansieras av anslagspost 1

4.1.1 Strålningsbiologi

Forskning inom strålningsbiologi syftar till att undersöka och förstå joniserande strålnings hälsoeffekter på människor. Det är svårt att studera strålningsrisker genom epidemiologiska studier och därför studeras också biologiska effekter på cellulär eller subcellulär nivå. Bedömningen av hälsoeffekter behövs för att få en adekvat riskbedömning och därmed adekvata skyddsåtgärder för yrkesexponerade, patienter, allmänhet och miljö. Detta forskningsområde ingår i Euratom:s forskningsprogram och kommer vara en del av partnerskapet PIANOFORTE.

Grundläggande strålningsbiologiska studier där det primära syftet är strålskydd har generellt svårt att erhålla finansiering. Det finns några få forskargrupper i Sverige (och Europa) som bedriver forskning inom området och de samlade tilldelade resurserna för området bedöms som knappa. SSM har de senaste åren finansierat ett antal post-doktorand-tjänster varav flera kommer att avslutas under 2022.

Strålningsbiologi är ett av de områden som SSM har definierat som kritiskt. SSM bedömer att kompetenstödande åtgärder riktade mot svenska lärosäten skulle möta de huvudsakliga behoven. En avvägning mellan stöd till doktorander, forskningstjänster eller allmänt kompetenstöd bör göras. Behovet inom området kan mötas genom öppna kompetenstödande utlysningar där genomförbarhet, forskningsmiljön och samfinansiering bör uppmärksammas.

4.1.2 Strålningsdosimetri

Adekvat strålningsdosimetri för uppskattning av stråldosen till yrkesexponerade, patienter och allmänhet är en grundläggande del av riskbedömning och riskhantering i samtliga delar av myndighetens verksamhetsområden. Strålningsdosimetri och dess tillförlitlighet är avgörande för utfall och tillförlitlighet i alla studier som inkluderar strålning. Problematiken kan till exempel gälla att beskriva inhomogen bestrålning av organ och vävnader eller individanpassning för de modeller som används. Inom detta forskningsområde finns bland annat behov av förfinade modeller som kan göras individ- och situationsanpassade, till exempel för bedömning av exponeringen av yrkesverksamma då strålfälten är heterogena, samt validerade farmakokinetiska¹ modeller och strålningsdosimetri för undersökningar och behandlingar inom sjukvården.

Detta forskningsområde ingår i Euratom:s forskningsprogram och kommer vara en del av partnerskapet PIANOFORTE.

Grundläggande strålningsdosimetriforskning finns i Sverige endast i begränsad omfattning och en ökad forskningsaktivitet är önskvärd. SSM stödjer idag två svenska lärosäten med finansiering för doktorander och post-doktorand-tjänster.

Strålningsdosimetri är ett av de områden som SSM har definierat som kritiskt. SSM bedömer att kompetenstödande åtgärder riktade mot svenska lärosäten skulle möta de huvudsakliga behoven. En avvägning mellan stöd till doktorander, forskningstjänster eller allmänt kompetenstöd bör göras. Behov finns att med kompetenstödande åtgärder öka

¹ Farmakokinetik är läran om läkemedels omsättning i kroppen.



kunskap om individanpassad strålningsdosimetri vid både extern och intern bestrålning. Stödet bör också vara strategiskt så att synergier med annan strålskyddsforskning erhålls.

4.1.3 Strålskydd inom sjuk- och hälsovård

Den medicinska forskningen omfattar bl.a. att ta fram diagnostiska och terapeutiska metoder för specifika sjukdomar. Detta görs bland annat genom att nya läkemedel och medicintekniska produkter utvecklas. Denna forskning omfattar sällan strålningsrisker för patienten utan koncentreras istället till den medicinska tillämpningen. Aspekter eller konsekvenser för yrkesexponerade eller allmänhet inkluderas i stort sett aldrig. Mot denna bakgrund är strålskyddsforskningen viktig för att öka kunskapen om strålningsrisker inom området.

Forskning om strålskydd inom sjuk- och hälsovård bedrivs idag ofta integrerat med den kliniska verksamheten på universitetssjukhus med stöd från regionala eller lokala forskningsfonder eller inte med något specifikt ekonomiskt stöd alls. Den av sjukvården finansierade forskningen är inte sällan begränsad av de medicintekniska produkter och radioaktiva läkemedel som finns i kliniken och det finns risk att forskningen inte omfattar de mer övergripande och grundläggande forskningsfrågeställningarna. Det finns därför behov av att SSM finansierar forskning som belyser och förbättrar strålskyddet parallellt med utvecklingen av teknik och produkter i sjuk- och hälsovården. Den forskning SSM finansierar inom området är i regel kompetensstödande.

Digitaliseringen inom sjukvården ger nya möjligheter men medför också en risk för strålskyddet. Risken utgörs av att AI-baserad teknik införs utan att strålskyddsaspekter tas med i valideringen av tekniken. Inom den medicinska forskningen pågår forskning avseende att höja kvaliteten eller effektivisera och automatisera vården. Men det finns också möjligheter att utveckla AI-verktyg som en komponent i strålskyddet eller som redskap i strålskyddsforskningen.

4.1.4 Icke-joniserande strålning

Forskningen som SSM finansierar inom området icke-joniserande strålning syftar till att undersöka och förstå icke-joniserande strålnings hälsoeffekter på människors hälsa och miljö, i huvudsak UV-strålning (ultraviolett strålning) och EMF (elektromagnetiska fält) med olika frekvenser. I forskningen kan ingå utveckling och undersökning av olika metoder för att mäta denna typ av strålning. SSM finansierar inom området två vetenskapliga råd, ett för UV-strålning och ett för EMF.

Inom UV-strålning finns behov av att genom objektiva mätmetoder följa upp befolkningens exponering (t.ex. genom dosimetri eller biologiska markörer). Men även att genomföra en ny enkätundersökning om solvanor samt att studera förekomst av förvärvade nevi (hudförändringar) hos barn.

Inom EMF finns behov av att bland annat öka förståelsen för möjligt samband mellan EMF och oxidativ stress, att studera miljöeffekter från EMF samt utveckla nya mätmetoder och simuleringar för att förbättra mätningarna av EMF kring 5G-teknik.



4.2 Forskningsområden som kan finansieras av flera anslagposter

4.2.1 Strålskydd inom beredskap

Forskningsområdet strålskydd inom beredskap omfattar forskning som bidrar till kompetens och kunskap inom strålskydd i samband med radiologiska nödsituationer, vilket långsiktigt upprätthåller och utvecklar strålskyddsberedskapen i Sverige. Forskning inom området behövs för att ta fram ny kunskap och kompetens om hur människor och miljö kan skyddas från skadliga effekter av joniserande strålning i samband med radiologiska nödsituationer. Inom forskningsområdet är kärnkraftsolyckor och användning av kärnvapen i Sverige eller Sveriges närområde gränssättande för strålskyddsberedskapen, därför är kunskaps- och kompetensbehovet där som störst. Men även inom andra områden behövs forskning där konsekvenserna av en radiologisk nödsituation kan mildras genom ett vederhäftigt kunskapsunderlag och god kompetens.

SSM bedömer att kompetenstödande åtgärder riktade mot svenska lärosäten möter de huvudsakliga behoven. Med det tillkommande behovet av kompetensåterväxt nationellt och på SSM, inte minst kopplat till totalförsvaret, behöver dock stödet utökas för att långsiktigt säkerställa ett livskraftigt forskningsområde.

4.2.2 Radioekologi

Forskning inom radioekologi omfattar forskning om förekomst av radionuklider i olika miljöer, överföring av radionuklider mellan olika miljömatriser och till biota under olika förutsättningar, effekter på ekosystemfunktioner, växter och djur på både populations- och individnivå, exponering av människor i alla slags situationer och faktorer som är avgörande för sådan exponering. Området omfattar också forskning som ger förutsättningar för sådan forskning genom metodutveckling inom mätteknik, provtagning med mera.

Frågeställningar inom radioekologi som SSM bedömer är särskilt aktuella är förändringar i miljön och kriget i Ukraina, vilka skulle kunna komma att påverka förekomsten av och hur vissa radionuklider sprids och omfördelas i miljön. Vidare är radioaktivitet i marin miljö, till exempel i omgivningen runt spallationsanläggningen ESS i Lund, och effekter av joniserande strålning på ekosystemtjänster aktuella.

Kunskapsläget om hälsorisken från exponeringen för radon är relativt god, men vissa frågor behöver fortfarande utredas och spridning av information om risker och konsekvenser med radon behöver bli bättre.

Nationellt finns idag ett antal forskargrupper på några olika lärosäten som har kompetensen att mäta många olika radionuklider i olika miljömatriser (bl.a. vatten, luft, mark, sediment). Det finns också ett antal lärosäten som har pågående forskning gällande strålningsbiologi och personstrålskydd, som i förlängningen kan bidra till området radioekologi. Men det är i dagsläget få i Sverige som forskar explicit på radioekologi enligt den klassiska definitionen, det vill säga omsättning av radioaktiva ämnen i ekosystemen.

Forskningsområdet radioekologi är ett av de områden som SSM har definierat som kritiskt. Behovet inom området kan mötas genom en blandning av öppna kompetenstödande utlysningar och riktade utlysningar för specifika frågeställningar. Tillgången till långsiktig kompetens säkras genom att minst en ny doktorand eller postdoktorand-tjänst tillsätts inom radioekologi varje år.



4.3 Forskningsområden som finansieras av anslagspost 3

4.3.1 Nukleär icke-spridning och kärnämneskontroll

Forskning inom nukleär icke-spridning syftar övergripande till att utveckla nya instrument och metoder, samt att förbättra och effektivisera befintliga tekniska lösningar och arbetssätt, för att kunna säkerställa att kärnämne (uran, plutonium, torium), kärnteknisk utrustning och teknisk information endast användas för fredliga ändamål. Nukleär icke-spridning är av naturen ett internationellt område och berör hela kärnbränslecykeln. Forskningsområdet är brett och innehåller både naturvetenskapliga och tekniska forskningsdiscipliner, samt tvär- och multivetenskapliga forskningsdiscipliner som även kopplar till internationell policyutveckling.

Mängden kärnämne under IAEA:s kärnämneskontroll växer för varje år och komplexiteten hos, och typerna av, anläggningar ökar. Detta leder till ett kontinuerligt utvecklings- och effektiviseringsbehov. Ett område där SSM i dagsläget ser ett specifikt forskningsbehov är avseende metoder och tekniker kopplade till verifiering av kärnämne i det framtida svenska slutförvarssystemet, inklusive under transport. Vidare finns ett flertal identifierade områden där utvecklingen går snabbt framåt och där det är viktigt att det finns nationell kompetens framöver, till exempel generation IV-system, SMR och mikroreaktorer, samt användning av artificiell intelligens i syfte att effektivisera framtida kärnämneskontroll.

I dagsläget finansierar SSM forskning inom kärnämneskontroll genom både kompetensstödande satsningar och riktade projekt för specifika behov. Nationellt finns idag tre lärosäten som har kompetens inom kärnämneskontroll.

Forskningsområdet nukleär icke-spridning och kärnämneskontroll är tillsammans ett av de områden som SSM har definierat som kritiskt. Det är viktigt att det finns långsiktiga forskningsprogram på flera lärosäten för att upprätthålla kompetensnivån i landet. Behovet inom området bör mötas genom en blandning av öppna kompetensstödande utlysningar samt riktade utlysningar som träffar specifika identifierade behov inom hela fältet nukleär icke-spridning. Utlysningarna bör vara regelbundna för att säkra kontinuitet. Utlysningarna bör även premiera ett starkt nationellt och internationellt utbyte.

4.3.2 Människa Teknik Organisation (MTO)

MTO-området utgör en systemsyn på samspelet mellan människa, teknik och organisation, vilken kan användas för att beskriva hur exempelvis strålsäkerheten påverkas av relationen mellan människans förmågor och begränsningar; teknikens och den omgivande miljöns utformning; samt organisationen där verksamheten bedrivs och de förutsättningar som denna sätter. Forskning inom MTO kan bidra till ökad säkerhet genom att studera hur styrkor och svagheter hos människa och organisation påverkar processer för områdena, exempelvis inom kärnkraftteknik och svåra haverier.

I dagsläget finansierar SSM forskning inom MTO-området i huvudsak genom deltagande i OECD/NEA Halden HTO samt stöd till en professur.

Inom MTO-området finns fortsatt behov av både kompetensstödande och verksamhetsstödande forskning. Behov av verksamhetsstödande forskning rör aktuella frågor som till exempel:

- säkerhetskultur i anläggningar med fast personal och tillfälliga användare
- riskmedvetenhet hos sällananvändare
- intern kommunikation



- outsourcing och beställarkompetens
- riskperception och riskkommunikation (se också 5.4.6)
- allmänhetens reaktioner vid evakuering.

4.3.3 Strålskydd för arbetstagare, allmänhet och miljö

Övergripande för forskningsområdet strålskydd för arbetstagare, allmänhet och miljö är att det syftar till att skydda allmänhet och miljö från negativa effekter av strålning i området i och omkring kärnkraftverk. För att göra det behöver man dels kunna begränsa, övervaka och mäta förekommande radionuklider i utsläpp till luft och vatten. Fortsättningsvis sammanfattar vi detta till utsläpps begränsande system och utsläppsövervakning.

För att SSM på ett vederhäftigt sätt ska kunna avgöra vilka risker från radioaktiva ämnen för allmänhet och miljö som är förknippade med våra anläggningar i drift idag är det önskvärt att ha en eller ett par forskargrupper att tillgå gällande utsläpps begränsning och övervakning. Av speciellt intresse är verksamhetsstödande forskning med avseende på bland annat utsläpps begränsning av tritium samt undersökning av effektivitet i fasta utsläpps begränsande system.

4.3.4 Instrumentering och kontrollsystem (I&C)

Kärntekniska anläggningar är starkt beroende av I&C för att kunna säkerställa säkerhetssystemens förmåga att utföra sina uppgifter. Under de senaste 20 åren har det skett ett teknikskifte från uteslutande hårdvarubaserade till programmerbara system. Eftersom det har visat sig dyrt och tidskrävande att ersätta befintliga hårdvarubaserade system med programmerbara så görs även livstidsförlängningar av befintliga hårdvarubaserade säkerhetssystem.

Utvecklingen av moderna I&C-system är starkt kopplat till IT-system i allmänhet och den generella utvecklingen påverkar på sikt även kärnkraftsbranschen. Det medför att på kort sikt kommer det behövas ta ställning avseende användande av exempelvis trådlös teknik och på längre sikt användande av AI.

I och med utvecklingen av SMR kommer det finnas behov av andra mätmetoder än de som används i dagens kärnkraftsreaktorer. Detta till följd av att nya designer kan ha annorlunda uppsättningar av kritiska parametrar, har en mer integrerad konstruktion eller att man behöver mäta i andra medier än vatten och gas, exempelvis flytande bly och saltsmältor.

Det finns behov av verksamhetsstödande forskning inom I&C, bland annat avseende:

- säkerhetspåverkan av åldrande utrustning
- statistiska modeller för att bedöma åldrande säkerhetssystemens tillförlitlighet
- konsekvensen av åldrande utrustning utifrån ett kompetensperspektiv.

4.3.5 Kraftförsörjning

Kärnkraftverken är beroende av en säker och stabil kraftförsörjning för att kunna säkerställa säkerhetssystemens förmåga att utföra sina uppgifter. Forskning inom området behövs för att öka kunskaperna om dels normal kraftförsörjning, för att bättre förstå hur driftförutsättningarna påverkas av förändringar i första nivån av djupförsvaret, och dels degraderad kraftförsörjning där störningar av mer eller mindre välkänd art kan påverka integriteten i övriga nivåer av anläggningens djupförsvaret.

Forsknings-samarbete bedrivs inom detta område med Energiforsk i programmet ”*Grid Interference on Nuclear power plant Operations*” (GINO), vilket finansieras av SSM, Energiforsk och Svenska Kraftnät.

Det forskningsbehov som föreligger med avseende på kraftförsörjning är främst kompetensstödande i syfte att fördjupa kunskapen inom området. Det väsentliga behovet inom området är att det fortsatt finns ett forum som arbetar för att systematisera analysen av kraftförsörjningens roll i anläggningssäkerheten.

4.3.6 Probabilistisk säkerhetsanalys (PSA)

PSA avser här primärt kärnkraftverk och ska beakta alla källor till strålning och dessas driftlägen där olika typer av faror (felorsaker/felhändelser) som utmanar djupförsvaret kan leda till utsläpp av radioaktiva ämnen som kan påverka allmänhet och miljö.

I princip har tre delområden varit föremål för omfattande forsknings- och utvecklingsinsatser ända sedan 80-talet, och är det fortfarande. De tre områdena är analyser av inre och yttre faror, analyser av funktionella och rumsliga beroenden inklusive CCF samt analyser av manuella handlingar. Till detta kommer även hantering av osäkerheter och speciellt vid användning av analyserna där det krävs värdering och presentation/kommunikation av resultat och beslut.

SSM finansierar forskning om PSA för att upprätthålla kompetens och kunskap inom myndigheten och i Sverige. I dagsläget deltar SSM i ett flertal verksamhetsstödande projekt som identifierats genom samarbetet inom NPSAG (Nordiska PSA-gruppen). För SSM finns även ett tydligt behov av finansiering av utredningar som har att göra med myndighetens användning av riskinformation. Aktuella frågeställningar är bland annat:

- feltoleransanalyser
- modellering av digitala system, SMR och passiva system.

4.3.7 Inre händelser

Med inre händelse avses brand, översvämning och tappad last i lokaler. Forskning på inre händelser handlar om att ta tillvara kunskaper och erfarenheter från annan verksamhet men i vissa fall även förbättra denna för verksamhet med höga säkerhetskrav.

Det forskningsbehov som föreligger inom brand är främst kompetensinriktad i syfte att behålla och fördjupa kunskapen inom området. Det finns behov av att upprätthålla och utveckla kunskapen om brandskydd och räddningstjänst i kombination med kunskap om kärnkraftsbranschen. Forskning om brand och brandskydd inom kärnkraftbranschen sker till stor del inom NBSG (Nationella Brandsäkerhetsgruppen) där SSM deltar och som har finansierats tre år i taget. Inför 2023 är det aktuellt med en ny treårsperiod. Aktuella frågeställningar är bland annat:

- hur snabbt brandrök kan degradera annan utrustning
- hur en brandcell separeras och ventileras.

4.3.8 Yttre händelser

Med yttre händelse avses jordbävningar och översvämningar men även generellt att uppskatta effekterna av väderfenomen och klimatförändringar. Forskning inom området syftar till att förbättra uppskattningarna av konsekvenser av händelserna (t.ex. magnituder och markrespons) och händelsernas frekvens. SSM deltar i forskning inom internationella samarbeten och program.

SSM finansierar forskning inom området yttre händelser för att upprätthålla kompetens och kunskap inom myndigheten och i Sverige. Aktuella frågeställningar är bland annat:

- förbättrade skattningar av extremvärden för naturfenomen för de svenska kärnkraftverken
- värdering av resultat som framkommit i europeiska forskningsprojekt om seismiska händelser.

4.3.9 Nukleärt säkerhetsskydd

Forskning inom nukleärt säkerhetsskydd syftar övergripande till att öka kunskapen om olika typer av hot, att utveckla ändamålsenliga skyddsstrategier mot dessa samt att utveckla metoder för att (vid dimensionering eller utvärdering) analysera ett skydds effektivitet (kan vara ett planerat eller redan existerande skydd).

Den hotbild som kan förekomma mot nukleär verksamhet är inte statisk. Att hotbilden är föränderlig medför att skyddsstrategier kan behöva omprövas och utvecklas. Denna drivkraft för utveckling är inte specifik för Sverige utan finns på likartat sätt i många andra länder. Det finns därför ett behov av att samla in och dra slutsatser av erfarenheter (inklusive internationell). Som en följd av förändrade förutsättningar såväl som nya erfarenheter av att hantera sådana förändringar kan även metoderna för att göra analyser inom nukleärt säkerhetsskydd behöva utvecklas.

Från perspektivet nukleärt säkerhetsskydd bedöms det för närvarande inte finnas behov av särskilt kompetensstödande forskning. Det är tillräckligt att sakkompetens inom övriga aspekter av strålsäkerhet finns att tillgå som stöd för de personer som ska verka inom det nukleära området.

4.3.10 Reaktor fysik, termohydraulik och kärndata

Område reaktor fysik handlar om vad som händer i reaktorhärden och omfattar discipliner som neutron fysik, kärndata, reaktordynamik, reaktorkinetik, multifysik samt kriticitet. Forskningen inom området drivs till stor del av utvecklingen av analysverktyg vilket i sin tur kan visa på behov av nya reaktor fysikaliska tester.

Forskningsområdet termohydraulik avser termohydrauliska förlopp som berör barriärer och anordningar i djupförsvaret under normaldrift, störningar och konstruktionsstyrande händelser. Forskningen omfattar undersökningar av termohydrauliska förlopp vid störningar genom tester och utveckling av modeller och beräkningsprogram. Det finns behov av kompetens i landet när det gäller modellering av tvåfasströmning inom nukleär termohydraulik samt att lärosätena är framträdande i internationella projekt inom området.

Forskningsområdena reaktor fysik, termohydraulik och kärndata är tillsammans ett av de områden som SSM har definierat som kritiskt. Det är viktigt att det finns långsiktiga forskningsprogram på flera lärosäten för att upprätthålla kompetensnivån i landet vilket SSM gör genom att finansiera kompetensstödande forskning. SSM strävar efter att delta i internationella projekt och att deltagande stöds av analytiskt arbete genomfört av lärosätena. Det är önskvärt att SSM finansierar en ny doktorand eller post-doktorand per år inom reaktor fysik, termohydraulik eller kärndata, antingen genom SKC eller direkt från SSM.

4.3.11 Svåra haverier och haverikemi

Det övergripande syftet med forskningen inom svåra haverier är att verifiera den svenska haverihanteringsstrategin och haverihantering. Den forskning som SSM stödjer finansiellt

inom forskningsområdet svåra haverier är och har varit inriktad på härddegradering, tankgenomsältning, inneslutningsfenomen samt hädresternas kylbarhet och förutsättningarna för att stabilisera smältan i inneslutningen. Forskningen bedrivs experimentellt och som modellutveckling och simuleringar via stöd till svenska forskare samt deltagande i nationella och internationella program (APRI, SKC, NKS och inom OECD/NEA). Parallellt med den ovan beskrivna inriktningen har SSM även stött metodutveckling inom osäkerhetshantering samt känslighetsanalyser för att öka förståelsen.

Myndigheten ser ett fortsatt behov av att utveckla förståelsen och kunskapen om härddegradering och -smälta efter ett svårt haveri och hur hädresterna kan stabiliseras i vatten för att verifiera den rådande haverihanteringsstrategin. Andra aktuella frågeställningar är bland annat:

- studier av ATF-bränsle ur ett svårt haveri-perspektiv
- utveckling av PSA-metoder för analys av svåra haverier (se även 4.3.6 om PSA).

SSM ser även behov av att följa utvecklingen med avseende på haverier i nya reaktortyper (SMR och generation IV-reaktorer).

Haverikemiforskning innefattar experimentella studier av kemiska fenomen under svåra haveriförhållanden, vilka bidrar till ökad förståelse och förbättrade modeller för olika ämnens påverkan på källtermen vid utsläpp under ett svårt haveri. Utvalda fissionsprodukters kemiska egenskaper och flyktighet behöver fortsatt studeras för att förbättra de modeller som nu finns implementerade i integralkoderna avseende haverikemi under ett reaktorhaveri. Det finns även behov av att forska på mer långsiktiga konsekvenser efter ett haveri samt på inneslutningsstrukturens påverkan på källtermens magnituden vid diffusa utsläpp. Vidare finns behov av att forska på haverier som inträffar i anläggningar för förvaring av använt kärnbränsle för att förstå de kemiska förloppen i bränslebassänger eller i torr miljö, samt utveckling av haverikoderna för att analysera dessa fall.

Forskningsområdena svåra haverier och haverikemi är tillsammans ett av de områden som SSM har definierat som kritiskt. Det är viktigt att det finns långsiktiga forskningsprogram på flera lärosäten för att upprätthålla kompetensnivån i landet. Behovet inom området kan mötas genom en blandning av öppna kompetensstödande utlysningar och riktade utlysningar för specifika frågeställningar. Tillgången till långsiktig kompetens kan säkras genom att SSM finansierar minst två nya doktorander eller post-doktorander per år, antingen genom SKC eller direkt från SSM.

4.3.12 Kärnbränslekonstruktioner

Område kärnbränslekonstruktioner handlar om kärnbränsle som konstruktion och forskningen har fokus på materialens egenskaper och prestanda (t.ex. korrosion, bestrålningseffekter, skadegränser). Forskningen inom kärnbränsle syftar till att förstå kärnbränslets beteende och de fenomen som ger skador för att därefter bestämma gränsvärden och förbättra modeller. Den forskning om kärnbränslekonstruktioner som SSM deltar i görs i huvudsak i samarbetsprojekt inom OECD/NEA och i utvecklingsprojekt till stöd för dessa experimentella projekt.

SSM behöver fortsätta upprätthålla kunskap om kärnbränslebeteende och hur detta modelleras i beräkningsprogram.



4.3.13 Konstruktioner och material

Forskningsområdet innefattar studier om material och hållfasthetsfrågor med koppling till integritet hos primärsystem, reaktorinneslutningar och andra byggnadsstrukturer (dvs. de yttre barriärerna samt säkerhetssystem). Här ingår också mekaniska anordningar i övrigt som har betydelse för djupförsvaret, inklusive frågor rörande åldringshantering, kemi, polymerer och övervakning.

Följande kompetensområden täcks in av behovsanalysen:

- mekanisk konstruktion
- material
- kontroll och provning
- byggnadsstrukturer, betongkonstruktioner.

SSM finansierar forskning inom området för att upprätthålla kompetens och kunskap inom myndigheten och i Sverige och en blandning av kompetensstödande satsningar och verksamhetsstödande projekt behövs. Deltagande i nationella och internationella forskningsprogram och projekt är värdefullt. SSM är inom området ofta delaktiga i samfinansierade forskningsprojekt genom t.ex. SKC, NKS eller Energiforsk. Inom området görs regelbundet omvärldsbevakningar, utredningar och sammanställningar av det aktuella kunskapsläget i forskningsrapporter eller utredningsrapporter.

Aktuella frågeställningar med avseende på mekanisk konstruktion är till exempel:

- utveckling av verktyg för skadetålighetsanalyser av postulerade defekter
- revidering av den brottmekaniska handboken
- fortsatt forskning med inriktning på långa drifttider genom egna projektförslag och eventuellt deltagande i internationella projekt.

Aktuella frågeställningar med avseende på åldringsfenomen är:

- bestrålningsförsprödning, termisk åldring samt termisk åldring i samverkan med neutronförsprödning
- spänningskorrosion samt mikrobiologiskt inducerad korrosion
- åldring av polymera material
- pulvermetallurgi och additiv tillverkning
- material i nya reaktorer (SMR och generation IV reaktorer).

SSM noterar även att forskare vid flera organisationer inom materialområdet tenderar att lämna kärnkraftsforskningen och det finns tecken på brist på svensk kompetens inom åldring av reaktortankstål.

Dagens omfattning av forskningsprojekt inom kontroll och provning är lämplig med avseende på kompetensstödande forskning, dvs. att löpande finansiera 1-2 doktorander inom olika frågor och vid olika lärosäten, samt finansiera internationella forskningsprojekt. För närvarande finns behov av att finansiera mer verksamhetsstödande forskning. Aktuella frågeställningar med avseende på kontroll och provning är:

- modellering av oförstörande provning (speciellt för objekt med komplex geometri eller svårprovade anisotropa materialstrukturer)
- utveckling av provningssystem med anledning av framtida kontrollkrav inom området betongkonstruktioner.

Senare års utveckling av nationella och internationella regelverk innebär att betongkonstruktioner omfattas av mer strikta kontrollkrav och behöver visas vara tåliga mot mer osannolika händelser. Detta innebär bland annat att analysmodeller behöver förbättras och provningssystem utvecklas. Det finns också ett behov av ökad förståelse och kunskap kring exempelvis betongkonstruktioners nedbrytningsmekanismer och

samverkan mellan dessa samt spänningsrelaxation i reaktorinneslutningarnas spännkablar. SSM finansierar forskning om betongkonstruktioner i huvudsak i förhållande till nationella och internationella program, dels programmen i sig och dels projekt som stödjer SSM:s och Sveriges deltagande i dessa.

4.4 Forskningsområden som finansieras av Kärnavfallsfonden

4.4.1 Avfallshantering

I och med avvecklingen av ett flertal reaktorer i Sverige ökar forsknings- och kunskapsbehovet inom området avfallshantering, då till exempel effektiv karakterisering av avfall behövs eftersom avfallsströmmarna ökar och nya hanteringsvägar för lågaktivt avfall behövs, såsom markförvar och deponier genom riktad friklassning. Ett forsknings- och utvecklingsbehov finns även gällande radioaktivt avfall från icke-kärntekniska verksamheter som till exempel tritium-kontaminerat avfall som i vissa fall inte klarar avfallskriterier för slutförvar i SFR eller SFL, samt lågaktiva slutna strålkällor där hanteringsvägar idag saknas nationellt.

Baserat på tidigare erfarenheter av utlysningar inom forskningsområdet avfallshantering på SSM behövs långsiktiga och uthålliga forskningssatsningar för att bygga upp nationell forskningskompetens inom området i stort. Även kortare riktade utlysningar behövs fortlöpande som kan stödja myndigheten i specifika forskningsfrågor.

SSM behöver utvecklad kunskap om antaganden och parametrar (så som Kd-värden, distributionskoefficienter), spridning av radionuklider från deponier, betydelsen av grundvattenflöden och överföringsfaktorer till grödor, växter och djur) i doskonsekvensberäkning för människa och miljön för exempelvis deponier och markförvar i jämförelse med internationella standarder och riktlinjer ("guidelines").

Utveckling av forskningskompetens och kunskap behövs även inom platskarakterisering, samt sanering av, och slutstadier för, områden med avvecklade kärntekniska verksamheter samt doskonsekvenser av radionuklider i förorenad mark.

4.4.2 Avveckling

Sverige har gått in i ett nytt skede i livscykeln för hälften av kärnkraftsreaktorerna, nämligen deras avveckling. Fram till ca 2030 förväntas nedmontering och rivning av sammanlagt sju kärnkraftsreaktorer pågå. SSM finansierar forskning inom området för att myndigheten kontinuerligt ska tillägna sig aktuell kunskap genom samverkan, forskning och utredning. Deltagande i nationella och internationella forskningsprogram och projekt är värdefullt.

Aktuella frågeställningar inom avveckling är bland annat:

- karakterisering av radioaktiva aerosoler
- karakterisering av aktiverad betong eller aktiverad armerad betong, till exempel från den biologiska skärmen.

4.4.3 Tekniska barriärer i slutförvar

Forskningsområdet innefattar bland annat frågeställningar kopplat till långsiktig degradering av tekniska barriärer i slutförvar. Med tekniska barriärer avses exempelvis lerbarriärer, betongbarriärer och kapsel men även frågor som rör avfallsegenskaper. SSM finansierar forskning inom området för att myndigheten kontinuerligt ska tillägna sig



aktuell kunskap genom samverkan, forskning och utredning. Deltagande i nationella och internationella forskningsprogram och projekt är värdefullt.

Aktuella frågeställningar inom området är bland annat följande:

- Olika aspekter av krypning av koppar som potentiellt är intressanta att följa upp rör dels makroskopisk modellering av spänningsförhållandena i höljet och hur de förändras i samband med, och efter, sprickbildning och -propagering.
- Fosfors roll i koppar, hur ämnet påverkar koppars materialegenskaper, har varit föremål för många diskussioner och analyser.
- Av potentiell relevans för krypfrågan kan nämnas hur eventuell väteladdning möjligtvis skulle kunna påverka utbredning respektive maximal deformation av kopparhöljet som inte äventyrar kapselns integritet.
- Kärnkraftverkens effekthöjning och användning av skadetolerant kärnbränsle leder till nya frågeställningar som har bäring på bränslets långsiktiga egenskaper och utveckling i kärnbränsleförvaret.
- Kopplat till lerbarriären finns behov av att studera omvandlingsprodukters (från betong-bentonitinteraktion) sorptionsförmåga.

4.4.4 Geosfär i samband med slutförvar

Geosfärsområdet innefattar bland annat bergmekanik, hydrogeologi, geokemi, geologi, och seismik. Forskning inom området syftar till att förstå frågeställningar kring geosfärens betydelse för ett slutförvars långsiktiga strålsäkerhet.

SSM finansierar forskning inom området för att upprätthålla kompetens och kunskap inom myndigheten och i Sverige och en blandning av kompetensstödande satsningar och verksamhetsstödande projekt behövs. Deltagande i internationella forskningsprogrammet DECOVALEX samt att stödja svenska forskare som är aktiva i det, är värdefullt.

Aktuella frågeställningar om geosfär i samband med slutförvar är bland annat följande:

- Att kartlägga och förstå förutsättningar för en kommande plats för SFL, till exempel att förstå bergets förutsättningar att långsiktigt erbjuda kemiska, mekaniska och hydrogeologiskt gynnsamma förhållanden för slutförvaret SFL.
- Studier rörande grundvattenkemi vid Forsmark-platsen och kopplingen till de tekniska barriärerna och deras påverkan på de kemiska förutsättningarna i slutförvarsmiljön.
- Termo-hydro-mekanisk modellering av den initiala utvecklingen av slutförvaret för använt kärnbränsle.
- Analysera konsekvenser av undervattenskred i Östersjön.
- Öka kunskapen om frekvens och storlek på postglaciala förkastningar.

4.4.5 Biosfär och konsekvensanalys för slutförvar

Biosfärsområdet innefattar frågeställningar avseende biosfärmodellering och konsekvensanalysberäkningar som identifierats inom ramen för SSM:s granskningar av SKB:s säkerhetsanalyser. Området innefattar också frågeställningar avseende ansatser till alternativa metoder/modeller till SKB:s angreppssätt, att tillgå vid framtida granskningar. SSM finansierar forskning i området för att upprätthålla kompetens och kunskap inom myndigheten samt ha tillgång till tillräckligt bra verktyg för egna kompletterande analyser. Internationella samarbeten inom till exempel IAEA och det internationella samarbetsforumet BIOPROTA är värdefulla.

Exempel på identifierade kritiska frågor som uppkommit inom ramen för SSM:s granskning av SKB:s arbete är frågan om metodik för definition av objektsavgränsning,



utveckling av antaganden i biosfärmodellen, modellering och konsekvensanalysberäkningar för C-14.

4.4.6 Samhällsvetenskapliga frågeställningar rörande avfallshantering, avveckling och slutförvar

Detta är ett nytt forskningsområde inom myndighetens slutförvarsrelaterade verksamhet. Många frågeställningar som kan kategoriseras som samhällsvetenskapliga finns vad gäller slutförvar av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. SSM har nyligen börjat arbeta med dessa forskningsfrågor och i den fas som slutförvarsprocessen befinner sig nu har intressanta frågeställningar uppkommit exempelvis:

- om prövningsprocessen och informationsbevarande
- om människa, teknik och organisation (MTO) i framtida kärntechniska anläggningar, t.ex. ett förvar för använt kärnbränsle
- om friklassning och riskkommunikation eftersom hantering av lågaktivt avfall och friklassat avfall bygger på förtroende och acceptans från allmänheten.

SSM har identifierat behov av forskning i området för att skapa forskarkompetens inom riskkommunikation inom strålskydd och friklassning som kan utgöra en kunskap- och kompetensbas för Sverige och kan stödja myndigheten inom riskkommunikation och friklassning (se också avsnitt 5.3.2).

5 Referenser

- [1] SSM, Strategi för forskningsfinansiering för perioden 2020–2025, STYR2020-11.
- [2] SSM, Grunden för en långsiktig kompetensförsörjning inom strålsäkerhetsområdet, SSM2017-134.
- [3] SSM, Precisering och finansiering av forskning inom myndighetens verksamhetsområden, SSM2020-407-1.
- [4] SSM, Nationell kompetens inom kärnsäkerhetsområdet, SSM2015-3952.
- [5] SSM, Förslag till nationell strategisk inriktning för Sveriges kompetensförsörjning inom strålsäkerhetsområdet, SSM2022-484-1.
- [6] Statens offentliga Utredningar, Stärkt fokus på framtidens forskningsinfrastruktur, SOU 2021:65.