2025

Forskningsbehov inom kärnkrafts-området (fission)

Kunskapssammanställning och internationell utblick

Rapporten är framtagen av Oxford Research AB på uppdrag av Energimyndigheten

Denna rapport är framtagen av Oxford Research AB
på uppdrag av Energimyndigheten

Författare: Ylva Grauers Berggren, Angelica Åström,
Maja von Beckerath, Henrietta Skarland, Julius Lybäck

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner
eller beställas via energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, oktober 2025
ER 2025:33
ISSN 1403-1892
ISBN (pdf) 978-91-7993-256-5

Grafisk form: Energimyndigheten (omslag), Arkitektkopia AB (inlaga)

Förord

Som en del i Energimyndighetens uppdrag att stödja forskning och innovation inom kärnkraftsområdet, presenterar denna rapport en övergripande analys av aktuella forskningsbehov med fokus på fission. Den innehåller även en internationell utblick kring forskningsbehov och satsningar.

Syftet med rapporten är att ge en samlad bild av forskningsfrågor med relevans för kärnkraftens hela livscykel samt att belysa de möjligheter och utmaningar som dessa innebär. Därtill ger den internationella utblicken underlag för att kunna sätta Sveriges behov och förutsättningar i ett internationellt perspektiv.

Rapporten är framtagen på beställning av Energimyndigheten och bygger delvis vidare på den tidigare rapporten Kunskapssammanställning om forskning och innovation på kärnkraftsområdet i Sverige (ER 2020:27) från 2020. Den ger en uppdaterad bild av forskningsbehoven i ljuset av förändrade politiska prioriteringar och nya satsningar. Resultatet kommer att användas som ett kunskapsunderlag i myndighetens strategiska arbete med att stödja forskning och innovation inom kärnkraftsområdet men kan förhoppningsvis även skapa ett värde för ett flertal verksamheter som på ett eller annat sätt är engagerade inom området.

Rapporten har tagits fram av Oxford Research AB. Arbetet har genomförts genom dokumentstudier samt intervjuer och workshopar med representanter från akademi, industri och forskningsfinansiärer. Oxford Research ansvarar själva för rapportens analyser och slutsatser.

Energimyndigheten vill tacka alla som bidragit till arbetet med rapporten.

Peter Engdahl
Avdelningschef

Innehåll

Sammanfattning ... 3

Summary ... 4

Förkortningar och begrepp ... 5

1 Inledning ... 8

1.1 Bakgrund och syfte med uppdraget ... 9

1.2 Metod ... 10

2 Kartläggning av forskningsfrågor och -behov i Sverige ... 13

2.1 Aktuella och kommande forskningsbehov inom åtta olika perspektiv ... 13

2.2 Kartläggning av områden inom tekniskt innovationssystem i Sverige ... 16

2.3 Förutsättningar, utmaningar och möjligheter kopplat till forskningsbehoven ... 22

2.4 Internationella och multilaterala forskningssamarbeten inom kärnkraft ... 25

3 En internationell utblick ... 31

3.1 Europeiska forskningsagendor ... 31

3.2 Fallstudie 1: Finland ... 34

3.3 Fallstudie 2: Frankrike ... 42

3.4 Fallstudie 3: Storbritannien ... 49

Referenslista ... 62

Bilaga 1 – Intervjuguide Kartläggning av forskningsbehov inom kärnkraftsområdet ... 65

Bilaga 2 – Kunskapsinhämtande workshop om forskningsbehov inom kärnkraftsområdet i Sverige ... 68

Bilaga 3 – Utmaningar och möjligheter för att kunna möta framtida forskningsbehov inom kärnkraftsområdet i Sverige ... 70

Bilaga 4 – Intervjuguide engelska ... 72

Bilaga 5 – Respondentlista ... 74

Sammanfattning

Oxford Research har på uppdrag av Energimyndigheten tagit fram en kunskapsöversikt av aktuella och framtida behov av kärnkraftsforskning med fokus på fission. Syftet med studien var att kartlägga forskningsfrågor med relevans för hela kärnkraftens livscykel, samt att analysera vilka möjligheter och utmaningar forskningsfrågorna innebär för Sverige, både i ett nationellt och internationellt sammanhang.

Bakgrunden till uppdraget är kärnkraftens betydelse för Sveriges energipolitiska mål, enligt regeringen, som vill etablera ny kärnkraft motsvarande två fullskaliga reaktorer till år 2035 och bygga ut kapaciteten ytterligare till 2045. Regeringen har med anledning av målet infört flera lagändringar, ökat forskningsanslag och betonat vikten av att stärka nationell kompetens och forskningsinfrastruktur.

Studien bygger på intervjuer med ett stort antal representanter för lärosäten, industriföretag och forskningsfinansiärer, dokumentstudier, workshopar och internationella fallstudier av Finland, Frankrike och Storbritannien. Analysen av aktuella och kommande forskningsbehov har utgått från åtta perspektiv (marknad och flexibilitet, samspel i energisystemet, infrastruktur och försörjningstrygghet, social hållbarhet och inkludering, ekologisk hållbarhet och miljö, konkurrenskraft och innovationer, beredskap och kraftvärme/spillvärme).

Kartläggningen visar att det finns behov av forskning om fem teman:

1. **Åldringshantering och livstidsförlängning**. Behoven gäller bland annat forskning om reaktorfysik, material och cybersäkerhet i relation till den befintliga kärnkraften för att säkerställa fullgod elförsörjning.
2. **Reaktordesign**. Det finns särskilt behov av utveckling av små modulära reaktorer (SMR) och fjärde generationens teknik samt teknik för återanvändning av bränsle. Forskningen behöver inte bara handla om kärnkraftsteknik utan också om frågor som acceptans och legitimitet i utbyggnad av nya kärnkraftverk.
3. **Kärnavfall och slutförvar**. Det behövs mer forskning om avfallshantering i takt med att reaktortekniker utvecklas. Behoven gäller särskilt återanvändning och robusta slutförvarssystem.
4. **Regelverk och tillståndsprocesser**. Det behövs mer forskning om hur lagar, normer och ansvarsmodeller kan anpassas till ny teknik för att inte fördröja investeringar och byggen. Respondenter menar att investeringar i ny kärnkraft förutsätter rättssäkerhet, transparens och regleringsmässig förutsägbarhet, vilket är avgörande för industrins möjligheter att ta kommersiella risker.
5. **Samhällsvetenskaplig forskning**. Det finns ett behov av samhällsvetenskapliga studier om legitimitet, rättvisa, acceptans och demokratisk delaktighet, särskilt kopplat till lokalisering och kommunikation om kärnkraftsetablering.

Kartläggningen visar att flera faktorer som splittrad finansiering och begränsad tillgång till testmiljöer riskerar att hämma forskning. Samtidigt bedömer flera respondenter att exempelvis långsiktiga strategier och kompletterande nationell forskningsinfrastruktur kan skapa stabila förutsättningar för högkvalitativ och innovativ forskning.

Resultatet av fallstudierna visar att Sverige kan dra nytta av erfarenheter från andra länder. Finland utmärks av centraliserad styrning och stark koppling mellan forskning och myndigheter. I Frankrike har regeringen och myndigheter en långsiktig strategisk planering och god tillgång till infrastruktur för forskning och innovation. Storbritannien satsar på akademiska forskningskluster och industridrivna initiativ.

Summary

Oxford Research was commissioned by the Swedish Energy Agency to carry out a knowledge overview of current and future needs for nuclear power research with a focus on fission. The purpose of the study has been to identify research issues relevant to the entire nuclear power life cycle and to analyse the opportunities and challenges that these research issues present for Sweden, both in a national and international context.

The background to the assignment is the importance of nuclear power for Sweden's energy policy objectives, according to the government, which wants to establish new nuclear power equivalent to two full-scale reactors by 2035 and further expand capacity by 2045. In light of this goal, the government has introduced several legislative changes, increased research funding and emphasised the importance of strengthening national expertise and research infrastructure.

The study is based on a large number of interviews with representatives from universities, industrial companies and research funding bodies, document studies, workshops and international case studies from Finland, France and the United Kingdom. The analysis of current and future research needs is based on eight perspectives (market and flexibility, interaction in the energy system, infrastructure and security of supply, social sustainability and inclusion, ecological sustainability and environment, competitiveness and innovations, preparedness and cogeneration/ waste heat).

The survey shows that there is a need for research on five overarching themes:

1. **Ageing management and lifetime extension**. The needs include research on reactor physics, materials and cyber security. This research is fundamental to ensuring the electricity supply until new reactors are completed.
2. **Reactor design**. There is a particular need for the development of SMRs and fourth-generation technology, fuel reuse and waste reduction. Research needs to focus not only on nuclear technology but also on issues such as acceptance and legitimacy.
3. **Nuclear waste and final disposal**. More research is needed on waste management as reactor technologies evolve. The needs are particularly relevant to circular fuel cycles, reuse and robust final disposal systems.
4. **Regulatory frameworks and licensing processes**. More research is needed on how laws, standards and responsibility models can be adapted to new technology so as not to delay investment and construction.
5. **Social sciences research**. There is a need for social science studies on legitimacy, fairness, acceptance and democratic participation, particularly in relation to the siting and communication of nuclear power plants.

The survey of the Swedish technical innovation system shows that nuclear technology research is concentrated at a few universities, that the number of researchers and doctoral students is limited, and that collaboration with industry takes place through projects such as ANItA and Solstice. The skill supply is a challenge, particularly in research with a social science perspective. Research infrastructure in Sweden is found in Studsvik and in companies' own facilities, among other places. Research is mainly funded by the Swedish Energy Agency, the Swedish Radiation Safety Authority, which have received increased funding in recent years.

The results of the case studies show that Sweden can benefit from the experiences of other countries. Finland is characterised by centralised governance and strong links between research and public authorities. In France, the government and public authorities have long-term strategic planning and good access to infrastructure for research and innovation. The United Kingdom is investing in academic research clusters and industry-driven initiatives.

Förkortningar och begrepp

AGR: Advanced Gas-cooled Reactors (Avancerade gaskylda reaktorer)

AI: Artificiell Intelligens

AMR: Advanced Modular Reactors (Avancerade modulära reaktorer)

ANDRA: Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Frankrikes nationella myndighet för hantering av radioaktivt avfall)

ANItA: Academic-industrial Nuclear technology Initiative to Achieve a sustainable energy future

ANR: Agence nationale de la recherche (Frankrikes nationella forskningsbyrå)

ANT: Advanced Nuclear Technology (Avancerad kärnteknik)

ASNR: Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (Franska myndigheten för kärnsäkerhet och strålskydd)

ATF: Accident Tolerant Fuels (Olyckstoleranta bränslen)

BEIS: Department for Business, Energy and Industrial Strategy (Departementet för näringsliv, energi och industriell strategi i Storbritannien)

BWR: Boiling Water Reactor (Kokvattenreaktor)

CEA: Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (Statligt franskt forskningsinstitut)

CERN: Europeiska organisationen för kärnforskning

CFD: Computational Fluid Dynamics

CICERO: Centrum för internationell klimat- och miljöforskning i Oslo

CPF: Coated Particle Fuels

DCET: Department for Science, Innovation and Technology (Departementet för vetenskap, innovation och teknik i Storbritannien)

DNT: Dalton Nuclear Institute

DTU: Danmarks Tekniske Universitet

EDF: Électricité de France (Franskt energibolag)

EGOS: Expert Group on Operational Safety

EPRI: Electric Power Research Institute

EPSRC: Engineering and Physical Sciences Research Council

ESG: Environmental, Social, and Governance

EU: Europeiska Unionen

FEED: Front-End Engineering Design

FID: Final Investment Decision (Slutligt investeringsbeslut)

GFR: Gas-cooled Fast Reactor (Gaskyld snabbreaktor)

HFE: Human Factors Engineering

HOF: Human and Organisational Factors

HPRR: High-Performance Research Reactors (Högpresterande forskningsreaktorer)

HTGR: High-Temperature Gas Reactor (Högtemperatur-gasreaktor)

HTO: Human-Technology-Organisation

I&C: Instrumentation and Control (El-, instrumenterings- och kontrollutrustning)

IAEA: International Atomic Energy Agency (Internationella atomenergiorganet)

ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor

KTH: Kungliga Tekniska högskolan

KYT: Nationella forskningsprogrammet för kärnavfallshantering i Finland

LEC: Lagen om klimatenergi i Frankrike

LDR-50: En specifik reaktormodell för fjärrvärme

LTECV: Lagen om energiomställning för grön tillväxt i Frankrike

LTU: Luleå tekniska universitet

LUT: Lappeenranta tekniska universitet

LW-SMR: Light-Water Small Modular Reactors (Små modulära lättvattenreaktorer)

MIDAS: Ett forskningsprojekt om zirkoniumbaserade material

MPRR: Medium-Power Research Reactors (Forskningsreaktorer med medelhög effekt)

MSF: Molten Salt Fuels (Smältsaltbränslen)

NDA: Nuclear Decommissioning Authority (Myndighet för avveckling av kärnkraft i Storbritannien)

NDE: Non-Destructive Examination (Icke-destruktiv provning)

NKS: Nordisk kärnsäkerhetsforskning

OECD NEA: Organisation for Economic Co-operation and Development – Nuclear Energy Agency

PPE: Plan pluriannuel de l'énergie (Flerårig energiplan i Frankrike)

PPOOLEX: En testanläggning i Finland

PRA: Probabilistic Risk Analysis (Probabilistisk riskanalys)

PSA: Probabilistic Safety Assessment (Probabilistisk säkerhetsanalys)

RD&D: Research, Development and Demonstration (Forskning, utveckling och demonstration)

RISE: Research Institutes of Sweden

SAFER2028: Finlands nationella program för forskning och innovation inom kärnkraft

SCIP: Studsvik Cladding Integrity Project

SET-planen: Strategic Energy Technology Plan (EU-kommissionens strategiska plan för energiteknik)

SKB: Svensk Kärnbränslehantering AB

SKC: Svenskt Kärntekniskt Centrum

SMILE: Studsvik Material Integrity Life Extension

SMR: Små modulära reaktorer

SNBC: Stratégie Nationale Bas-Carbone (Nationell strategi för låga koldioxidutsläpp i Frankrike)

SNETP: Sustainable Nuclear Energy Technology Platform

SSM: Strålsäkerhetsmyndigheten

STUK: Strålnings- och kärnsäkerhetsmyndigheten i Finland

SUNRISE: Ett forskningsprojekt som drivs av KTH

TEES: Technique, Économie, Environnement, Société (Tvärvetenskapligt perspektiv vid CEA)

TSO: Teknisk stödorganisation

TVO: Teollisuuden Voima (Finskt energibolag)

VTT: Teknologian tutkimuskeskus (Tekniska forskningscentralen i Finland)

VYR: Statens kärnavfallshanteringsfond i Finland

1 Inledning

Under senaste åren har regeringen presenterat flera underlag i syfte att tydliggöra inriktningen för energipolitiken och forskningsinsatser kopplade till kärnkraft.

Propositionen (prop. 2023/24:105) som regeringen presenterade den 14 mars 2024 syftar till att tydliggöra den långsiktiga inriktningen för energipolitiken. I propositionen framgår att Sveriges konkurrenskraft och välfärd bygger på tillgång till fossilfri energi till konkurrenskraftiga priser. För att nå klimatmålen och möjliggöra den gröna omställningen behöver ytterligare steg tas i elektrifieringen av industrin och transportsektorn. För att kunna möta samhällets ökade behov av el och samtidigt säkerställa god försörjningstrygghet krävs, enligt regeringen, en omfattande utbyggnad av elproduktionskapacitet, elnät och lagringsmöjligheter samt förbättrade möjligheter för flexibilitet.

I propositionen 2024/25:72 lämnade regeringen förslag till ett nytt övergripande mål och ett nytt resultatmål för forskning och innovation på energiområdet. Regeringen ansåg att det behövs ett tydliggörande av forskningsområdet för energiforskning och vilka områden som bör få ett ökat fokus under perioden 2025–2028. Regeringen bedömde även att det behövs en särskild satsning på forskning och innovation på kärnkraftsområdet. För att uppnå mer långsiktiga förutsättningar och en ökad tydlighet för forskning och innovation inom kärnkraftsområdet, som kan bidra till både drift och utbyggnad av ny kärnkraft i Sverige, gör regeringen bedömningen att målet bör vara att minst 600 miljoner kronor under perioden 2025–2028 används för forskning och innovation inom kärnkraftsområdet. Av detta belopp bör 100 miljoner kronor avsättas för pilot- och demonstrationsprojekt 2025.

Vidare framgår det i proposition 2024/25:72 att om kärnkraften ska kunna byggas ut behövs mer forskning och innovation inom området för att stärka den nationella kompetensen. Det framgår i propositionen att forskning och innovation inom kärnkraftsområdet länge har varit eftersatt i Sverige. För att bygga upp och upprätthålla infrastruktur, personal och organisation behövs därför en riktad satsning på forskningsmiljöer för kärnkraftsrelaterad forskning.

Forskningspolitiken för åren 2025–2028 framgår i den allmänna Forsknings och Innovations propositionen (prop. 2024/25:60). Syftet är att satsningarna ska ge förutsättningar för forsknings- och innovationsmiljöer av högsta kvalitet, en hög grad av ansvarsfull internationalisering, och att forskningen ska bemöta samhällsproblem och behovet av stärkt konkurrenskraft, både i dag och i framtiden. I propositionen framgår också att samhällsrelevans i forskningen kan bidra till kvalitet och att internationalisering är grundläggande för excellens och kvalitet inom både forskning och utbildning. Det avsätts också särskilda medel till kärnteknisk grundforskning. Inom ramen för Vetenskapsrådets anslagsökning för forskning avsätts 20 miljoner kronor 2025 för en satsning på kärnteknisk grundforskning. Därefter beräknas 20 miljoner kronor 2026, 35 miljoner kronor 2027 och 45 miljoner kronor 2028 för detta ändamål.

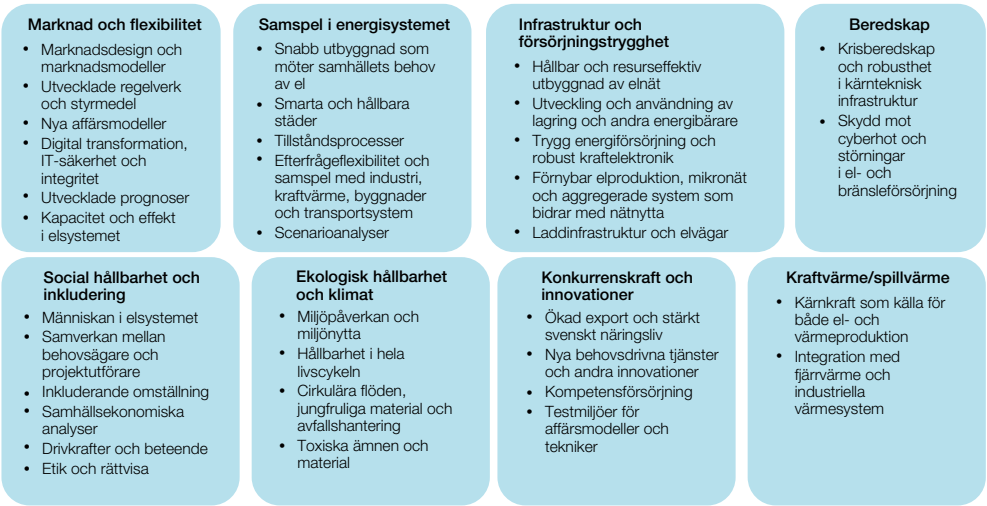
1.1 Bakgrund och syfte med uppdraget

För att stärka sin förståelse för aktuella forskningsfrågor och kommande behov av kärnkrafts-forskning upphandlade Energimyndigheten Oxford Research AB för att ta fram en kunskaps-översikt. Oxford Research genomförde uppdraget mellan januari och juni 2025.

Uppdraget syftade i huvudsak till att genomföra en tematisk kartläggning av aktuella forskningsfrågor, forskningsbehov, samt en kartläggning av utmaningar och möjligheter kopplat till identifierade forskningsbehov, inom kärnkraftens hela livscykel.

Ett annat syfte var att genomföra en internationell utblick/omvärldsorientering som omfattar en översikt och beskrivning över internationella, multilaterala forskningssamarbeten/program inom kärnkraft, med särskilt fokus på Europeiska unionen (EU). I uppdraget ingick även att studera tre länders (Finland, Frankrike och Storbritannien) kärnkraftsforskningsstrategi, finansieringsupplägg och forskningsbehov.

Kartläggningen av forskningsfrågor och forskningsbehov utgick från åtta av Energimyndigheten utvalda perspektiv (marknad och flexibilitet, samspel i energisystemet, infrastruktur och försörjningstrygghet, social hållbarhet och inkludering, ekologisk hållbarhet och miljö, konkurrenskraft och innovationer, beredskap och kraftvärme/spillvärme) inom kärnkraftens livscykel, från bränsleproduktion till avfallshantering. Perspektiven presenteras i **figur 1**. I kartläggning ingick både tekniska och icke-tekniska forskningsfrågor och forskningsbehov inom kärnkraftsområdet av relevans för Sverige.



Figur 1. De åtta perspektiven med exemplifierande underpunkter.

Vad som anses aktuellt och relevant för svensk forskning att beforska kan på övergripande nivå, enligt vår bedömning, bero lika mycket på hur förutsättningar utvecklas, som på Sveriges bidrag och styrkor idag. Grundläggande förutsättningar för kommande behov är i sin tur beroende av institutionella förutsättningar och utvecklingen av det nationella energisystemet som helhet.

1.2 Metod

Denna kunskapsöversikt är baserad på en kvalitativ analys med både kartläggande och framåtsyftande spår, som utgår från flera datakällor som kompletterar varandra.

Genomförandet av studien har tagit utgångspunkt i litteraturen om forsknings- och innovationssystem[1,2] särskilt hur tekniska innovationssystem kan beskrivas och analyseras. Utöver det teoretiska ramverket utgår studien från de åtta perspektiven som tillsammans med ramverket varit vägledande för studiens inriktning och utformning.

1.2.1 Genomförande, källor och datainsamling

Studien är baserad på sekundärdata, intervjuer, en workshop och ett dialogmöte. I workshopen och dialogmötet deltog en expertgrupp där akademi, industri och forskningsfinansiärer var representerade.

För att identifiera respondenter för kartläggningen av aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov upprättades en aktörslista utifrån tidigare studier på närliggande områden, såsom tidigare översikter om forskning och kompetensförsörjning inom kärn- och strålsäkerhet. Listan kompletterades därefter med ytterligare respondenter från akademi, industri och forskningsfinansiärer.

Listan med respondenter för intervjuer och referensgrupper stämdes av med Energimyndigheten och delades upp utifrån tre olika roller, (a) akademi, (b) verksamheter med kärnteknik och tillämpad utveckling och (c) forskningsfinansiärer

För att identifiera respondenter för intervjuerna inom den internationella utblicken gick förfrågningar ut till respektive lands motsvarande myndigheter till SSM och Energimyndigheten. När kontakt upprättats genomfördes en insamling av potentiella respondenter som kontaktades med intervjuförfrågningar.

Nedan beskrivs varje datainsamlingsmoment mer i detalj.

Dokumentstudier

Källorna inkluderande rapporter från myndigheter, rapporter från branschorganisationer och tidigare kartläggningar. I inledningen av uppdraget undersöktes dokumenten i syfte att hämta in kunskap om vilka forskningsfrågor som finns idag och vilka de kommande forskningsbehoven är i Sverige. Dokumentationen låg därefter till grund för fördjupning, validering och konkretisering i intervjuer, och workshoppar. I dokumentanalysen utgick vi från samma frågeställningar som användes i intervjustudien.

Semistrukturerade intervjuer

Syftet med intervjuerna var att besvara studiens frågeställningar om aktuella forskningsfrågor och -behov. Totalt kontaktades 34 respondenter och 24 intervjuer genomfördes med åtta forskare, tolv industriaktörer och fyra forskningsfinansiärer. Intervjuerna pågick mellan den 13 mars – 11 april 2025 under en timme vardera. Intervjuguiden finns i Bilaga 1. Respondentlistan finns i Bilaga 5.

[1] Lundvall (2007), Teorier om nationella innovationssystem: Hur kan dessa studeras?, ITPS arbetsrapport R2007:004

[2] Hekkert, Negro, Heieriks Harmsen (2011), Technological Innovation System Analyses: A manual for analysts

Nedan följer en beskrivning över fördelningen av respondenter från de tre aktörsgrupperna.

Akademin

Åtta respondenter från följande lärosäten intervjuades: Lunds universitet, Uppsala universitet, Chalmers tekniska högskola, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Luleå tekniska universitet (LTU) samt Örebro universitet. Totalt kontaktades tolv representanter från akademin. En tackade nej till att medverka och resterande besvarade inte förfrågan. Efter tre påminnelser gjordes inga nya kontaktförsök. En respondent uteblev vid intervjutillfället. Fyra av de åtta respondenterna ingår i expertgruppen.

Industri

Tolv personer från industrin intervjuades. Vi kontaktade totalt fjorton personer, två av dem besvarade inte vår förfrågan. Efter tre påminnelser gjordes inga nya kontaktförsök. Två av respondenterna medverkade i expertgruppen.

Forskningsfinansiärer

Vi intervjuade fyra respondenter. Vi kontaktade åtta organisationer varav två tackade nej till att medverka på grund av tidsbrist. Resterande besvarade inte vår förfrågan (efter tre påminnelser gjordes inga nya kontaktförsök). I flera fall har flera personer inom en och samma organisation kontaktats. Totalt kontaktades elva personer. En av de fyra respondenterna ingår i expertgruppen.

Workshop och dialogmöte

Inom ramen för uppdraget bjöd Oxford Research in till en workshop och ett verifierande dialogmöte med en grupp bestående av sakområdesexperter. Workshoppen den 28 februari 2025 syftade till kunskapsinhämtning och kartläggning om vilka forskningsfrågor som finns idag och vilka de kommande forskningsbehoven är i Sverige. Som grund för faciliteringen av workshopen användes resultaten från dokumentstudierna. Vid workshoppen medverkade sju personer (fem från akademin, en från industrin och en forskningsfinansiär). Totalt bjöd vi in åtta representanter från olika lärosäten, två forskningsfinansiärer och tre representanter från industrin.

Dialogmötet ägde rum den 9 maj 2025 och syftade till att diskutera och förankra de resultat som framkommit i datainsamlingen med fokus på kommande forskningsbehov. Vid träffen medverkade fem personer (tre från akademin, en forskningsfinansiär, och en från industri). Totalt var åtta personer inbjudna (fyra från akademin, tre från industrin, en forskningsfinansiär).

De som tackade nej till att medverka i expertgruppen vid första workshopen fick inte inbjudan till dialogmötet. De ingick i stället i intervjuunderlaget.

Inbjudan med syfte och mål för workshop och dialogmöte återfinns som Bilagorna 2 och 3. Respondentlista se Bilaga 5.

Fallstudier i Finland, Frankrike och Storbritannien

Fallstudier genomfördes i tre länder: Finland, Frankrike och Storbritannien. Urvalet av fallstudier utgick från principen om ”benchmarking”, och tog sikte på att identifiera de länder som är intressanta för Sverige att bevaka och lära sig från avseende teknik- och innovationsutveckling inom kärnteknik. Förslag på fallstudier som lyftes initialt var Finland, Frankrike och Sydkorea. Finland ansågs relevant, inte minst med tanke på ökat nordiskt samarbete och

likheter med Sverige i många avseenden, även om forskningssystemet inom kärn- och strålverksamhet i Finland är mer centraliserat. Frankrike har Sverige kärntekniska samarbetsavtal med och landet är, liksom Storbritannien och USA, en ”gigant” inom fältet som kan vara intressant att studera även om skillnaderna mellan länderna är stora inom kärnkraftsområdet. Sydkorea valdes, efter diskussioner med expertgruppen och i dialog med Energimyndigheten, bort givet att Sverige inte formulerat samma ambition som Sydkorea att bli en tillverkare och leverantör av helhetslösningar av kärnkraftsanläggningar till andra länder. Storbritannien valdes i stället som ett alternativt fallstudieland givet att det finns ett samarbetsavtal och att Storbritannien är ett av få länder i Europa där det byggs ny kärnkraft i större skala.

Data samlades in genom intervjuer och dokumentstudier[3]. Insamlade data gav information om:

- respektive lands kärnkraftsstrategi, i de fall en strategi finns, samt landets forsknings- och innovationsprogram,
- aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov i länderna, och
- vilka offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer som finns i länderna samt hur finansieringen är utformad.

Även en övergripande analys genomfördes om vilka av de åtta perspektiven som kan kopplas an till aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov i länderna. Respondentlista återfinns i bilaga 5.

Finland

Två av totalt tre kontaktade respondenter intervjuades. De två intervjuade representerar STUK och Teknologian tutkimuskeskus (VTT). STUK, Strålnings- och kärnsäkerhetsmyndigheten, är en statlig myndighet med ansvar för kärnsäkerhet och strålningsövervakning i Finland. VTT är Finlands tekniska stödorganisation (TSO) och ägs av den finska staten.

Frankrike

Två av totalt två kontaktade respondenter intervjuades. De två intervjuade representerar Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) och Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). CEA är ett statligt forskningsinstitut och ASNR är franska myndigheten för kärnsäkerhet och strålskydd.

Storbritannien

Två myndigheter kontaktades, ingen svarade. Två personer på en branschorganisation kontaktades, ingen svarade på vår förfrågan. Sex personer från akademin kontaktades och samtliga svarade på vår förfrågan. Två gruppintervjuer med två respektive fyra personer från DNT (Dalton Nuclear Institute) genomfördes. DNT är den största akademiska FoU-miljön för kärnkraft i Storbritannien. DNT bidrar med underlag till beslut som fattas av regeringen och andra intressenter. De medverkar i flera andra forskningsmiljöer exempelvis Nuclear Institute (Storbritanniens professionella medlemsorganisation för personer som arbetar inom kärnkraftssektorn) samt OECD:s grupp för kärnenergi, intressentengagemang, förtroende, öppenhet och samhällsvetenskap (High-level Group on Stakeholder Engagement, Trust, Transparency and Social Sciences).

[3] Intervjuguiden finns i *Bilaga 4. Interview guide case studies*

2 Kartläggning av forskningsfrågor och -behov i Sverige

Inledningsvis beskriver vi i **kapitel 2.1** aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov som lyfts av respondenterna. Noteras bör att det som presenteras inte ska ses som en fullödig uppräkning utan visar på exempel på frågor som av respondenterna anses vara av relevans för Sverige inom kärnkraftens livscykel och i relation till de åtta perspektiven, se **kapitel 1.1**. Kapitlet avslutas med en sammanfattning av aktuella forskningsfrågor och -behov.

Efter genomgång av aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov redovisar vi i **kapitel 2.2** de områden inom tekniskt innovationssystem i Sverige som är nödvändiga för att nå forskningsbehoven för att därefter i **kapitel 2.3** beskriva förutsättningar, utmaningar och möjligheter kopplat till forskningsbehoven. Båda kapitlen avslutas med sammanfattningar.

Avslutningsvis presenterar vi i **kapitel 2.4** internationella och multilaterala forskningssamarbeten inom kärnkraft, där vi redogör vi för vad som framkommit i kartläggningen avseende svensk representation i internationella och multilaterala forskningssamarbeten inom kärnkraft. Även detta kapitel avslutas med en sammanfattning.

2.1 Aktuella och kommande forskningsbehov inom åtta olika perspektiv

I det här kapitlet har vi under fem beskrivande teman sammanställt forskningsfrågor, behov och perspektiv som framkommit i dokumentationen och som respondenterna anser vara relevanta för forskning om befintlig som ny kärnkraft inom kärnkraftens livscykel och i relation till de åtta perspektiven. Noteras bör att det som presenteras inte ska ses som en fullödig uppräkning utan visar på exempel på frågor och behov. Kapitlet avslutas med en sammanfattning.

2.1.1 Forskning inom åldringshantering och livstidsförlängning en förutsättning för tryggad energiförsörjning

De flesta respondenter som vi har intervjuat menar att de tekniska forskningsfrågorna utgör en grund och förutsättning inom samtliga åtta olika perspektiv. Majoriteten av datainsamlingskällorna lyfter forskningsfrågor som adresserar åldringshantering och livstidsförlängning av befintlig kärnkraft**.** Respondenter anser att forskningsområdet åldershantering och livstidsförlängning omfattar frågor om exempelvis hur strålning påverkar material i anläggningar, reaktorfysik, kärnbränsle- och kärnbränslekonstruktion, termohydraulik samt informations- och cybersäkerhet. Utan forskning om åldershantering och livstidsförslängning menar respondenterna att det kommer vara svårt för svenska elproducenter att generera tillräcklig effekt och

kapacitet i elsystemet. De anser att mer av den här typen av forskning är avgörande för svenska elproducenters konkurrenskraft som exportörer, men också för att befintliga reaktorer måste vara i drift längre för att säkerställa den kapacitet som elintensiv industriverksamhet kräver.[4]

I förhållande till ekologisk hållbarhet och klimat nämner respondenterna att fortsatt drift av befintliga reaktorer med låga utsläpp är bra för att nå nationella klimatmålen. Inom beredskapsperspektivet lyfter flera respondenter att forskning inom informations- och cybersäkerhet är viktigt givet åldrande utrustning och system vid de befintliga reaktorerna.

2.1.2 Reaktordesign som ett centralt framtida forskningsbehov

Respondenterna anser att det behövs mer forskning om reaktordesign. Forskning om reaktordesign behövs för att kunna utveckla kärnkraftsreaktorer som har inbyggda säkerhetssystem, som producerar mindre mängder radioaktivt avfall, och som möjliggör återanvändning av kärnbränsle. Forskningen bör enligt respondenterna särskilt handla om SMR och fjärde generationens reaktorteknik.

De tekniska forskningsbehoven handlar bland annat om utformning av nya reaktorkoncept – såsom blykylda, saltsmälta eller gaskylda system – samt reaktordesignens påverkan på bränslebeteenden, underhållsbehov och restvärmeanvändning. Respondenterna efterfrågar forskning om material, exempelvis studier av korrosion i extrema miljöer, samt forskning om möjligheterna med 3D-printing och andra avancerade tillverkningstekniker.

Forskningsbehoven handlar inte enbart om tekniska frågor utan också om hur energisystemet som helhet bör utformas för att nå klimat- och energimål. Flera respondenter lyfter behovet av kunskap om hur kärnkraft kan integreras i ett elsystem där en stor andel elproduktionen kommer från förnybara energikällor. De framhåller också behovet av forskning om kärnkraftens roll som en stabiliserande komponent vid variationer i elproduktion från sol- och vindkraft. Dessa systemperspektiv kan enligt respondenterna ha betydelse för utveckling och utformning av framtida reaktorkoncept, till exempel genom att öka fokus på flexibilitet i drift. Utöver de tekniska perspektiven framhålls frågor om legitimitet, samhällelig acceptans och individers rättigheter som viktiga områden för icke-teknisk forskning i samband med planering, lokalisering och införande av framtida kärnkraftsanläggningar.

2.1.3 Forskning om använt bränsle, kärnavfall och slutförvar direkt kopplat till utvecklingen av ny kärnkraft

Respondenterna anser att det finns behov av forskning om kärnavfall och slutförvar. Flera betonar att den typen av forskning är viktig för både för säker hantering av befintligt bränsle[5] och för utvecklingen av ny kärnkraft. Respondenter betonar att utvecklingen av system för att hantera och förvara avfall måste ske parallellt med utvecklingen av teknik för att säkerställa hållbarhet och långsiktig funktionalitet. Flera respondenter menar också att forskning om kärnavfall och slutförvar är en integrerad del i forskningen inom kärnkraft och därför inte bör behandlas som ett separat forskningsområde.

---

[4] Regeringens proposition 2023/24:105. Energipolitikens-langsiktiga-inriktning-prop.-202324105.pdf

[5] Forskning om kärnavfall och slutförvar för säker hantering av befintligt bränsle kopplar an till flera forskningsfrågor, enligt respondenter och *Svensk Kärnbränslehantering AB (2022). Fud-program 2022. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall*. Frågor rör bland annat hur bränslet förändras under lagring, bergs barriärfunktion och hur olika sorters avfall ska behandlas.

Ny reaktordesign innebär att befintliga lösningar för avfallshantering och slutförvar behöver anpassas, enligt respondenterna. Det behövs forskning om hur designen av SMR och fjärde generationens reaktorer påverkar avfallsvolym samt egenskaper och klassificering av avfallet. Det behövs även forskning om tekniska och juridiska konsekvenser nytt avfall får för kärnavfall och slutförvar. Forskning behövs bland annat om huruvida befintliga strategier för slutförvar är tillräckliga, om strategierna behöver anpassas för att hantera nya material och bränslesammansättningar samt eventuella behov av nya eller ändrade tillstånd för transport, hantering eller förvaring av kärnavfall.

En central forskningsfråga är också hur använt kärnbränsle kan återanvändas. Respondenter anser att mer cirkulära bränslesystem är ett internationellt prioriterat område, inte minst inom EU. Återanvändning och förlängning av kärnbränslets livscykel och utveckling av framtida slutna bränslecykler – exempelvis fjärde generationens reaktorer – betraktas som en strategisk möjlighet för att minska miljöpåverkan och öka självförsörjningen i Europa.

2.1.4 Regelverksförändring nödvändig förutsättning för ny kärnkraft

Flera respondenter anser att behoven av forskning om reglering och styrning av ny kärnkraft är omfattande. Behoven anses särskilt stora i relation till tillståndsprocesser för SMR och andra nya reaktortyper. Enligt flera respondenter saknas det i dag djupare kunskap om hur befintliga lagar och normer ska kunna anpassas till teknik som skiljer sig från tidigare generationers reaktorer.

Forskning om hur det svenska tillståndssystemet fungerar i praktiken vid ny etablering av kärnkraft lyfts i vissa intervjuer. Respondenterna tycker det är särskilt viktigt att effektivisera tillståndsprocesser för att göra det möjligt att etablera nya reaktorer till 2035. Respondenterna pekar på att långa beslutsprocesser avseende förändrade lagutrymmen riskerar att bromsa utbyggnaden av ny kärnkraft.

Vidare lyfter respondenter behov av forskning om ansvarsfördelning och civilrättsliga aspekter kopplat till nya reaktorkoncept, bland annat frågor om hur ansvar för haverier eller incidenter och vilka försäkringssystem som är lämpliga vid decentraliserad kärnkraftsproduktion. Flera respondenter framhåller också behovet av analyser om hur lagar och regler påverkar kostnadsstrukturer och teknikutformning, särskilt om SMR ska kunna byggas närmare samhällen.

2.1.5 Tvärvetenskaplig forskning ger nya perspektiv på kärnkraften som energislag

Respondenterna är eniga om att det finns ett påtagligt behov av samhällsvetenskaplig forskning om kärnkraftens utveckling i Sverige. Flera respondenter pekar på att forskningen i dag framför allt handlar om teknik, medan frågor om legitimitet, demokratiska processer, social hållbarhet, rättvisa och medborgardeltagande ofta saknas i både utlysningar och forskningsmiljöer. Detta gäller också i relation till ny kärnkraft och den omställning som pågår i energisystemet.

Ett forskningsbehov som lyfts av flera respondenter gäller studier av acceptans, tillit och delaktighet i etablering av ny kärnkraft. De lyfter att samhällets inställning till kärnkraft är föränderlig, geografiskt ojämn och beror på hur informations- och dialogprocesser utformas. Exempelvis anser många respondenter att det behövs forskning om varför viss teknik accepteras av medborgare i vissa sammanhang men inte i andra, samt hur rättvisa och legitimitet kan främjas i beslutsfattande kring lokalisering av nya reaktorer.

Forskning om energirättvisa och generationsrättvisa lyfts också fram av flera respondenter, särskilt med koppling till långsiktiga investeringar i kärnkraft. Frågor som *Vem bär kostnad och risker?* samt *Vem har inflytande över beslut som påverkar nästa generation?* aktualiserar behovet av rättsvetenskapliga och normkritiska analyser som än så länge inte prioriterats i lika hög utsträckning som de mer teknikdominerade forskningsområdena, menar flera respondenter.

Behovet av följeforskning, det vill säga kontinuerliga studier av pågående processer för exempelvis tillståndsprövning, kommunikation, samhällsplanering och lokal dialog, är något som flera respondenter nämner i våra intervjuer. Följeforskning kan bidra med praktisk kunskap parallellt med implementeringen och är något som forskare efterfrågar.

2.1.6 Sammanfattning av aktuella och kommande forskningsbehov inom åtta olika perspektiv

Sammanfattningsvis anser respondenterna att Sverige står inför flera forskningsbehov relaterade till kärnkraft, där tekniska frågor om åldringshantering och livstidsförlängning av befintliga reaktorer lyfts fram som grundläggande. Sådan forskning anses avgörande för att trygga elförsörjningen fram till dess att ny kärnkraft kan stå klar, i linje med regeringens mål till 2035. Forskningen omfattar områden som reaktorfysik, cybersäkerhet, material i slutförvar, samt geologiska processer. Parallellt finns ett forskningsbehov kring framtidens reaktordesign, särskilt SMR och fjärde generationens teknik. Dessa ska inte bara vara säkra och effektiva, utan även främja återanvändning av kärnbränsle och minska avfallsmängder. Behoven rör även hur dessa nya teknologier integreras i ett elsystem präglat av förnybara källor, samt hur reaktorerna kan användas för industriella värmesystem. Flera respondenter anser vidare teknisk som icke-teknisk forskning om infrastruktur och försörjningstrygghet som säkerställer nationell drift och elförsörjning vid olyckor eller ett eventuellt angrepp på Sverige är viktig.

Vidare framhåller respondenter kärnavfall och slutförvar som integrerade delar i kärnkraftsutvecklingen, där nya reaktortekniker kräver omprövning av befintliga strategier. Fokus ligger på cirkulära bränslesystem, återanvändning och juridiska konsekvenser av nya avfallstyper. Forskning kring regelverksförändringar identifieras också som en förutsättning för ny kärnkraft, särskilt i samband med tillståndsprocesser, ansvarsfördelning och rättssäkerhet. Utöver teknik betonas tvärvetenskapliga forskningsinsatser som nödvändiga, särskilt kring legitimitet, medborgarinflytande och social hållbarhet. Frågor om energirättvisa, miljörisker och acceptans är centrala för hur ny kärnkraft kan implementeras och accepteras i samhället, särskilt i ljuset av ett alltmer komplext energisystem och förändrade säkerhetspolitiska förhållanden.

2.2 Kartläggning av områden inom tekniskt innovationssystem i Sverige

I det här kapitlet presenterar vi en bild av vad som ingår i det tekniska innovationssystemet[6] i Sverige som är relevant för kärnkraftsforskning. Med tekniskt innovationssystem menar vi institutionellt ramverk, nationella forskningssamarbeten, kompetensförsörjning, test- och

[6] Ett tekniskt innovationssystem är ett system av aktörer, nätverk och institutioner som samverkar för att utveckla, sprida och använda en specifik teknisk innovation eller teknik, och som består av relaterade eller interagerande element för att skapa innovation inom ett specifikt område. Se bland annat Hekkert, Negro, Heimeriks & Harmsen (2011), *Technological Innovation System Analysis: A manual for analysts* för detaljerad beskrivning

forskningsmiljöer, samt källor och system för finansiering. Notera att nulägesbilden vi ger i kapitlet inte nödvändigtvis är uttömmande utan baseras på resultatet av våra dokumentstudier samt intervjuer med representanter för lärosäten, industri och forskningsfinansiärer. Kapitlet avslutas med en sammanfattning.

2.2.1 Institutionellt ramverk för svensk kärnkraft

Den nationella strategiska inriktningen för kärnkraft utgör det institutionella ramverket för kärnkraftsforskning i Sverige.

I november 2023 lanserade regeringen en färdplan för ny kärnkraft i Sverige som innebär att landets kärnkraftskapacitet ska öka med en effekt som motsvarar två fullskaliga reaktorer senast 2035. Färdplanen är ett resultat av en fördjupad överenskommelse mellan regeringen och Sverigedemokraterna och innehåller fyra punkter:

- Tillsättning av en kärnkraftssamordnare
- Statens finansiella ansvar för kärnkraft tydliggörs genom en riskdelningsmodell
- Ny kärnkraft med total effekt motsvarande minst två storskaliga reaktorer ska vara på plats senast 2035
- Massiv utbyggnad av ny kärnkraft till 2045, exempelvis motsvarande 10 storskaliga reaktorer.[7]

Efter att färdplanen lanserades trädde ett antal lagändringar i kraft i januari 2024. Dessa innebär bland annat att:

- Taket om maximalt 10 reaktorer tas bort.
- Begränsningen att nya reaktorer endast får uppföras vid befintliga kärnkraftverk avskaffas[8].
- Lag om statligt stöd för nya reaktorer. Lagen har tydliga villkor med begränsningar i antal och lokaliseringskrav, samt krav på riskdelning mellan stat och företag[9].

I propositionen *Energipolitikens långsiktiga inriktning* (prop. 2023/24:105) [10] tydliggör regeringen den långsiktiga inriktningen för energipolitiken, med fossilfri energi till konkurrenskraftiga priser för stärkt konkurrenskraft och välfärd som mål. För att möjliggöra den gröna omställningen och på längre sikt nå nationella klimatmålen behöver elektrifieringen av industrin och transportsektorn utvecklas, samhällets ökade behov av el säkerställas, och god försörjningstrygghet säkras. Regeringen betonar att en omfattande utbyggnad av elproduktionskapacitet, elnät och lagringsmöjligheter samt förbättrade möjligheter för flexibilitet är centrala delar i detta arbete.

Propositionen *Energipolitikens långsiktiga inriktning* framhåller även behovet av att tydliggöra forskningsområdet för energiforskning samt vilka områden som bör få ett ökat fokus under perioden 2025–2028. En särskild satsning på forskning och innovation inom kärnkraft bedöms som nödvändig, samt att Statens energimyndighet (Energimyndigheten) bör förbättra sin uppföljning och analys av energiforskningens nytta och effekter.

---

[7] Regeringen. (2023, 8 november). *Regeringen lanserar en färdplan för ny kärnkraft i Sverige*. Regeringen lanserar en färdplan för ny kärnkraft i Sverige – Regeringen.se

[8] Riksdagen. (2023, 29 november). *Ny kärnkraft i Sverige (Betänkande 2023/24:NU5 Näringsutskottet)*. Ny kärnkraft i Sverige (Betänkande 2023/24:NU5 Näringsutskottet) | Sveriges riksdag.

[9] Riksdagen (2025). *Lag (2025:587) om statligt stöd för investeringar i ny kärnkraft*. Lag (2025:587) om statligt stöd för investeringar i ny kärnkraft | Sveriges riksdag.

[10] Regeringen. (2024, 19 mars). *Energipolitikens långsiktiga inriktning*. Energipolitikens långsiktiga inriktning – Regeringen.se

Forskningspolitiken för åren 2025–2028 *Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta* (prop. 2024/25:60)[11] omfattar såväl forskning som innovation, med syfte att skapa förutsättningar för forsknings- och innovationsmiljöer av högsta kvalitet, en hög grad av ansvarsfull internationalisering, samt att forskningen ska bidra till att lösa samhällsproblem och stärka konkurrenskraften. Inom ramen för *Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta* avsätts 20 miljoner kronor år 2025 till Vetenskapsrådets anslagsökning för kärnteknisk grundforskning[12].

Regeringen har förberett och genomfört en rad åtgärder och utredningar i syfte att skapa tydligare och bättre förutsättningar för ny kärnkraft i Sverige. Bland annat genom nya regeringsuppdrag till:

- Energimyndigheten om att kartlägga områden som är lämpliga för fossilfri elproduktion.
- Strålsäkerhetsmyndigheten om förhandsprövning av reaktorer
- Strålsäkerhetsmyndigheten om stärkt kompetens för strålsäker kärnkraft
- Statskontorets att utreda om TSO för kärnkraft
- Kärnkraftsprövningsutredningen

Regeringen har under 2025 gett Energimyndigheten 100 miljoner kronor för att finansiera pilot- och demonstrationsprojekt för utveckling av kärnkraft. Mot bakgrund av planen för etablering av ny kärnkraft har regeringen under 2025 beslutat att ändra i förordningen om statligt stöd till forskning på energiområdet. Det innebär att stöd till test- och experiment-infrastruktur nu även kan ges till företag. Ändringarna i förordningen träder i kraft den 1 juni 2025[13].

En annan del av det institutionella ramverket är regleringen av svenska universitet via högskoleförordningen. Förordningen avgör hur många seniora forskare som svenska lärosäten får anställa och således indirekt hur många doktorandtjänster som erbjuds vid svenska lärosäten genom högskoleförordningens krav om att doktorander ska ha två handledare. Det begränsar i sin tur antalet doktorandtjänster som universiteten har resurser att utlysa.[14] Eftersom forskningsfältet är litet i Sverige, och de seniora forskarna är få, blir doktorandtjänsterna också få.

2.2.2 Svenska samarbeten inom kärnkraftsforskning

I Sverige finns det etablerad samverkan mellan aktörer som bedriver forskning, framför allt genom befintliga formella nätverk mellan industriföretag och universitet. Samverkan grundar sig i en lång historisk tradition av samarbete och goda relationer mellan akademierna och de kärnkrafts industrin. Historien av samverkan har skapat en grund för en stark industritradition inom kärnkraft, som dessutom har stärkts av att det under en lång tid funnits kärnkraftverk i drift i Sverige. Den långa traditionen av samverkan mellan universitet och industriföretag har även skapat ett system inom vilka aktörerna (akademin, industrin och myndigheterna) har god förståelse för varandras roller för kärnkraftsforskning.

[11] Regeringen. (2024, 12 december). *Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta*. Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta – Regeringen.se

[12] Regeringen. (2024, 12 december). *Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta*. Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta – Regeringen.se

[13] Regeringen. (2025, 18 april). *Fler aktörer kommer att kunna ansöka om medel för forskning om kärnkrafts-utveckling*. Fler aktörer kommer att kunna ansöka om medel för forskning om kärnkraftsutveckling – Regeringen.se

[14] Högskoleförordningen (1993:100). 7 kap. 36 §. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/hogskoleforordning-1993100_sfs-1993-100/

ANItA (Academic-industrial Nuclear technology Initiative to Achieve a sustainable energy future) lyfts av flera respondenter som ett exempel på att tvärvetenskapliga samarbeten mellan universitet och industriföretag är till nytta för forskning inom kärnkraft. Projektet finansieras av Energimyndigheten, svensk akademi och svensk kärnkraftsindustri.

Kärnkraftsforskning vid svenska universitet genomförs ofta av forskare från flera universitet i samverkan. De universitet som samverkar om kärnteknisk forskning är Uppsala universitet, Kungliga tekniska högskolan, Chalmers tekniska högskola, och Lunds universitet. Tillsammans med Luleå tekniska högskola (LTU), Stockholms universitet, Göteborgs universitet och Linköpings universitet samverkar lärosätena även om kärnkraftsrelaterad forskning, inte sällan i samarbete med internationella och nordiska universitet. Vi redogör för dessa samarbeten i **kapitel 2.4.** Forskningssamverkan sker även mellan universitet inom ramen för EU-finansierade projekt.

Den forskning som svensk industri bedriver sker i hög utsträckning i samarbete med andra aktörer (företag och forskningsinstitut), både svenska och internationella. Det rör sig bland annat om samarbeten med SKC (Svenskt kärntekniskt centrum), det statliga forskningsinstitutet RISE och forskningsinstitutet Swerim. Exempel på projekt där svenska industriaktörer samverkar, som omnämnts i intervjuer, är projektet Solstice som är ett samarbete mellan Blykalla, Uniper och forskare från KTH. Syftet med projektet är att validera teknik och testa säkerhetssystem för en liten, blykyld modulär reaktor i Oskarshamn. Den svenska kärnkraftsindustrin samarbetar också med svensk akademi. Det vill säga universiteten och svenska industrin samverkar inom ramen för enskilda industriaktörers forskningsprogram.

2.2.3 Kompetensförsörjning

Idag finns det tre svenska universitet som bedriver kärnkraftsforskning och erbjuder grundutbildning kopplat till kärnteknik: Chalmers tekniska högskola, Kungliga tekniska högskolan och Uppsala universitet. Universiteten erbjuder masterutbildningar och doktorandtjänster inom kärnteknik. Antalet personer som bedriver forskning vid lärosätena och institutionerna varierar. Utifrån de intervjuer vi genomfört kan vi inte redogöra exakta siffor för hur många forskare och doktorander som finns vid varje institution, men det ungefärliga antalet är mellan två till åtta forskare och mellan sex och åtta doktorander.

Kärnkraftsforskning med samhällsvetenskapliga perspektiv bedrivs bland annat av forskare vid Uppsala universitet och LTU. Utifrån de intervjuer vi genomfört kan vi inte redogöra exakta siffor för hur många forskare som finns vid varje institution som bedriver kärnkraftsforskning med samhällsvetenskapliga perspektiv. Kärnkraftsforskning med samhällsvetenskapliga perspektiv handlar exempelvis om nationalekonomiska perspektiv, tillståndsprocesser, miljörätt och social acceptans. Det finns enligt respondenterna inga doktorander vid universiteten som forskar om kärnkraft med samhällsvetenskapliga perspektiv. Samhällsvetenskapliga studier av kärnkraft bedrivs också vid Lunds universitet och Örebro universitet. Vid Lunds universitet finns det ett tiotal forskare som utifrån sociologiska perspektiv forskar om energi, bland annat kärnkraft. Vid Örebro universitet finns det två personer som studerar kärnkraft utifrån frågor om styrning och deltagande.

Industrins nuvarande tillgång till kompetens inom kärnkraftsforskning varierar. Detta beror på att vissa industriaktörer valt att organisera sin forskningsverksamhet i separata FoU-enheter. Andra industriaktörer har däremot valt att involvera så många personer som möjligt i den forskning som bedrivs för att sprida kunskapen på ett större antal individer och har därför ingen anställd som jobbar 100 % med forskning. FoU-arbetet handlar om allt från livstidsförlängning, utveckling och tester gällande nya och befintliga reaktorer (material och materialbeteenden i nya/befintliga reaktorer), till säkerhet och beredskap (minska strålning, minimera risker för haveri).

2.2.4 Miljöer för test och utveckling

I Sverige finns det framför allt en nod för test och utveckling kopplat till kärnkraftsforskning. Denna kritiska infrastruktur för experiment och testning finns i Studsvik. Noden används av både svenska och utländska industriföretag och universitet för att testa och demonstrera exempelvis bränsle- och materialteknik och nya reaktortyper SMR. Svenska industriaktörer bidrar med material från reaktorer, testerna genomförs i Studsvik, och internationella parter är med och bidrar till forskning och utveckling baserat på resultat från tester och demonstrationer.

Utöver det bedriver universiteten och industrin egen forskning och utgör på så sätt egna typer av noder för kärnkraftsforskningen i Sverige. Detta sker i organisationer så som Cyclife Sweden AB, Westinghouse, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), Studsvik, Vattenfall, som alla själva äger infrastrukturen som behövs för att bedriva forskning. Denna infrastruktur är således centrerad till varje enskild organisation. Detta på grund av exempelvis säkerhetsrisker, men också eftersom industrin själva sköter drift och hanterar avfallsfrågor.

2.2.5 Finansieringskällor och -system

I detta avsnitt redogör vi för de finansieringskällor och -system för kärnkraftsforskning som finns i Sverige och utvecklingen av dessa sedan 2020.

Energimyndigheten, SSM och VR är de främsta källorna för finansiering av kärnkraftsforskning i Sverige. VR har exempelvis utlysningar för att bygga upp verksamheten och miljöerna för kärnteknisk grundforskning vid universitet och högskolor.

SSM:s uppdrag omfattar strålskydd och kärnsäkerhetsfokus. SSM identifierade i samband med ett regeringsuppdrag om kompetensförsörjning 2017 sju forskningsområden som är särskilt viktiga att stötta:

- reaktorfysik inklusive kärndata
- termohydraulik
- svåra haverier och haverikemi
- nukleär icke-spridning och kärnämneskontroll
- strålningsbiologi
- radioekologi
- strålningsdosimetri.[15]

Myndigheterna ger framför allt stöd till forskning genom forskningsfinansiering. Detta för att tillsätta exempelvis doktorander och post-doktorander. Universiteten kan från SSM få särskilda kompetensstöd till specifika forskargrupper. Energimyndigheten ger stöd till kompetenscentrum som genomför FoI-projekt och finansierar doktorander och postdocs.

Utöver myndigheter finns det organisationer som finansierar kärnkraftsforskning i Sverige. En av dessa är SKC, vilken framför allt forskning om befintlig kärnkraft. SKC bedriver också egen forskning. Forskare vid SKC ägnar sig bland annat åt material- och bränslefrågor med syfte att förlänga reaktorers livslängd.

[15] Strålsäkerhetsmyndigheten. (2025). *Sammanfattande behovsanalys för Strålsäkerhetsmyndighetens forskningsfinansiering för 2025*.

Stiftelsen för strategisk forskning är en annan finansiär av kärnkraftsforskning i Sverige. Stiftelsen har för närvarande en projektportfölj om 50 miljoner som organisationen finansierar. Under år 2019 lanserade stiftelsen en utlysning som kallades för *agenda 2030 research centers*. Utlysningen finansierar fyra projekt varav ett inom kärnkraft. KTH driver forskningsprojektet SUNRISE, som får stöd av Stiftelsen för strategisk forskning. Projektet pågår mellan 2020–2026. Det genomförs i samarbete med LTU och Uppsala universitet. Syftet med projektet är att utveckla fjärde generationens blykylda reaktorer.

Vetenskapsrådet är Sveriges största statliga forskningsfinansiär och ger stöd till excellent forskning inom alla vetenskapsområden. Tidigare har Vetenskapsrådet endast sporadiskt utlyst medel för kärnkraftsforskning. Nu har regeringen aviserat en längre och mer stabil finansieringsperiod. I proposition 2024/25:60[16] föreslår regeringen att avsätta 20 miljoner kronor under 2025 för en satsning på kärnteknisk grundforskning, som en del av Vetenskapsrådets ökade forskningsanslag. Satsningen planeras sedan att utökas till 20 miljoner kronor 2026, 35 miljoner kronor 2027 och 45 miljoner kronor 2028.

Vad gäller utvecklingen av finansieringskällor och -system för kärnkraftsforskning så har forskningsmedel för kärnkraft i Sverige har ökat sedan 2020. Detta genom tydliga satsningar från regeringen på forskning och innovation inom kärnkraftsområdet. Nedan redogör vi för respondenternas bild av förändringen av tillgång till forskningsmedel. Vi redovisar resultaten per respondentgrupp i följande ordning: akademi, forskningsfinansiärer och industri.

För akademin har tillgången till forskningsmedel och utlysningar har förändrats sedan 2020 . En majoritet av representanterna för universiteten som vi har intervjuat menar att forskningsmedel till lärosäten har ökat sedan år 2020. Det gäller både intern och extern finansiering. En anledning till att mängden forskningsmedel har ökat är den nuvarande regeringens prioriteringar samt medel som SSM och Energimyndigheten har utlyst. Energimyndighetens utlysningar om kärnkraft, innebär att samhällsvetenskapliga frågor som exempelvis tillståndsprocesser aktualiseras. Detta bidrar till att de som bedriver samhällsvetenskaplig forskning idag kan genomföra forskning som tidigare inte varit aktuell att fokusera på. Vilket skiljer sig från andra discipliner, som haft möjlighet att bedriva forskning om kärnkraft (om än i begränsad skala). Samtidigt hade mer medel för doktorandtjänster kunnat generera mer samhällsvetenskaplig forskning menar respondenterna.

Tillgången till forskningsmedel och utlysningar har förändrats för forskningsfinansiärer sedan 2020. Vissa forskningsfinansiärer vi talat med har inte sett någon förändring sedan år 2020 medan andra har minskat sina anslag. Av de intervjuade finansiärerna är SSM den finansiär vars anslag har ökat sedan 2020. Energimyndigheten har de senaste åren fått riktat anslag för kärnkraftsforskning.

Tillgången till forskningsmedel har förändrats sedan 2020 för industrin. En majoritet av respondenterna menar att mängden medel har ökat och hänvisar till ett ökat politiskt stöd och anslag för kärnkraftsforskning. En respondent menar att det är lättare att få igenom ansökningar om medel. En av respondenterna menar att de ökade anslagen har gjort att respondentens organisation ökat sin involvering i svensk forskning, men att de framför allt fortsätter att verka internationellt på grund av sin kundbas. Tre aktörer menar att mängden medel varit oförändrad sedan 2020. De respondenterna som upplever att anslag minskat hänvisar till att den forskningsbaserade verksamheten har blivit allt dyrare på grund av ökad inflation.

[16] Regeringen. (2024). *Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta* (Prop. 2024/25:60). Hämtad från https://www.regeringen.se/contentassets/a70996e2f9de4222b5a6880d33c20d35/forskning-och-innovation-for-framtid-nyfikenhet-och-nytta-prop.-20242560.pdf

2.2.6 Sammanfattning av det tekniska innovationssystemet för kärnkraft i Sverige

Respondenterna menar att det tekniska innovationssystemet för kärnkraft i Sverige består av ett institutionellt ramverk där statliga prioriteringar, särskilt regeringens färdplan från 2023, är avgörande. Färdplanen syftar till att bygga ut kärnkraft motsvarande två fullskaliga reaktorer till 2035 och minst tio till 2045, med lagändringar som möjliggör fler reaktorer på nya platser. Kärnkraftsforskningen stöds av riktade insatser från regeringen, inklusive uppdrag till Energimyndigheten och SSM. Forskningen är koncentrerad till ett fåtal universitet och lider av brist på seniora forskare, vilket begränsar antalet doktorandtjänster. Samtidigt finns ett välutvecklat nationellt samarbete mellan akademi, industri och myndigheter, där projekt som ANItA och Solstice utgör exempel på hur forskningsinitiativ organiseras över sektorsgränser.

Kompetensförsörjningen i sektorn är inte tillräcklig enligt respondenter, varken inom teknisk och samhällsvetenskaplig forskning, vilket få doktorander ägnar sig åt. Test- och forskningsinfrastruktur är centrerad kring Studsvik samt industrins och universitetens egna anläggningar. Finansiering sker främst via Energimyndigheten, SSM, Vetenskapsrådet, SKC, SKB och industrin där flera aktörer uppger att resurstillgången förbättrats sedan 2020, särskilt tack vare ökade politiska satsningar. Trots detta kvarstår utmaningar som inflation och ojämn tillgång till forskningsmedel mellan organisationer. Samhällsvetenskaplig forskning har fått ökad aktualitet tack vare Energimyndighetens utlysningar som omfattat tillståndsprocesser och miljörätt, men representanter efterfrågar mer långsiktig finansiering för att säkerställa bredd och fördjupning i kärnkraftsrelaterad forskning.

2.3 Förutsättningar, utmaningar och möjligheter kopplat till forskningsbehoven

För att möta forskningsbehoven behövs förutsättningar med tydliga strategiska mål, kvalitativa forskningssamarbeten, effektiva test- och utvecklingsmiljöer och tillgänglig forskningsfinansiering. I det här kapitlet beskriver vi de förutsättningar som respondenter anser vara viktiga för att möta kommande forskningsbehov. Vidare beskriver vi utmaningar och möjligheter kopplade till förutsättningarna. Kapitlet avslutas med en sammanfattning.

2.3.1 Institutionellt ramverk

Respondenterna är eniga om att en förutsättning för att möta forskningsbehoven är en långsiktig strategi som i tid omfattar mer än en regerings mandatperiod. Nuvarande planer är för kortsiktiga för att kunna stödja uppbyggnaden av robust forskning och kompetens effektivt, enligt respondenterna. En långsiktig strategi bör enligt respondenterna innehålla strategiska mål för kärnkraftsforskningen i Sverige, men också inkludera hur förutsättningarna för forskning genom finansiering, forskningsinfrastruktur och personalresurser kan stärkas. Flera respondenter menar att en samlad nationell strategi med tydliga mål, åtaganden och finansiering kan möjliggöra stabil kompetensuppbyggnad och koordinering av forsknings-insatser, vilket leder till att forskningsbehoven kan mötas mer effektivt och att forskningen blir mer högkvalitativ.

Respondenterna ser en risk i att kommande regeringar ändrar sina prioriteringar gällande kärnkraftsforskning och lyfter att brist på kontinuerligt politiskt stöd kan skapa osäkerhet om hur tillgången på medel kommer se ut i framtiden och minska incitament för långsiktiga investeringar.

2.3.2 Samarbeten

Samarbeten mellan forskare från flera forskningsdiscipliner är en förutsättning för att kunna möta forskningsbehoven. Forskningssamarbeten är viktiga eftersom de gör det möjligt att anlägga fler perspektiv på forskningsobjekten, enligt respondenterna. Respondenterna är överlag positiva till ökad samverkan men anser att det finns vissa risker med allt för formaliserade samarbetsformer. Respondenterna uttrycker att större projekt och nätverk är värdefulla, särskilt för unga forskare och för kompetensuppbyggnad. Större projekt kan exempelvis omfatta centralt koordinerade forskningsinsatser som spänner över flera år och involverar forskare från flera discipliner och universitet. För att fungera behöver större projekt och nätverk:

- Vara öppna och transparenta i urval och inriktning
- Samexistera med friare forskningsmiljöer där konkurrens och bredd får plats
- Ses som komplement till snarare än ersättning av mer decentraliserad forskning

En ytterligare utmaning med dagens samarbetsformer är att samhällsvetenskapliga och humanistiska discipliner är underrepresenterade i samarbetsformerna, vilket innebär en risk för att teman som acceptans och reglering ges begränsat utrymme. Det kan i sin tur leda till att forskningen missar centrala samhälleliga dimensioner som är avgörande för en bredare förståelse och framgångsrik implementering av ny kärnkraft, enligt respondenterna.

2.3.3 Kompetensförsörjning

En avgörande förutsättning för att kunna möta framtida forskningsbehov är att säkerställa kompetensförsörjningen inom kärnkraftsområdet. Flera respondenter upplever att den nuvarande regeringens stöd till ny kärnkraft kan bidra till ett större intresse för utbildning och forskning. Studenter dras, enligt flera respondenter, till utbildningar där framtidsutsikterna upplevs som stabila. En respondent menar att intresset sannolikt ökar ytterligare när nya kärnkraftsanläggningar börjar byggas. En annan viktig förutsättning är tekniska utbildningar som inkluderar hållbarhets- och systemperspektiv. Detta ser respondenterna som avgörande för att möta både forskningsbehov och framtidens krav på en komplex energiomställning.

Respondenterna betonar särskilt behovet av fler fakultetsanställningar vid lärosäten. Bättre finansieringsmöjligheter för forskningsprojekt räcker inte för att skapa långsiktig kompetensförsörjning. I stället krävs permanenta tjänster som möjliggör kontinuitet, kunskapsöverföring och strategisk uppbyggnad av expertis inom området.

Kontinuitet i kompetensförsörjningen beskrivs av majoriteten av respondenterna som en nödvändig förutsättning för att säkerställa att forskningskapaciteten inte minskar över tid. Det är en bristfällig återväxt inom forskningen och flera av respondenterna lyfter en akut utmaning i att många forskare närmar sig pensionsåldern. Deras kompetens anses av respondenterna som helt nödvändig för kunskapsöverföring och för att säkerställa driften av den befintliga kärnkraften. Vidare skapar den redan stora bristen på fastanställda forskare enligt respondenterna hinder för att utbilda fler personer inom centrala forskningsområden, eftersom fler fasta tjänster innebär fler lärare. Färre studenter och doktorander hindrar i sin tur möjligheten att bygga upp ytterligare expertis.

Säkerhetsskyddslagen är ett annat hinder för kompetensförsörjningen. Lagen förhindrar rekrytering av personer från vissa länder inom både akademin och industrin. Det påverkar rekrytering av forskare, exempelvis möjligheten att erbjuda doktorandtjänster till internationellt kvalificerade kandidater, enligt respondenter. Respondenterna menar att denna begränsning skapar en låsning eftersom det ibland hindrar universiteten från att anställa den mest meriterade kandidaten, trots att lärosätena enligt lag är skyldiga att rekrytera baserat på merit.

2.3.4 Miljöer för test och utveckling

Respondenter betonar att tillgång till miljöer för test och utveckling är en avgörande förutsättning för att kunna möta framtida forskningsbehov inom kärnkraftsområdet. Tillgång till fysiska testmiljöer är enligt respondenterna nödvändigt för att bygga upp ny kompetens och för att genomföra praktiska moment i forskningen.

Flera respondenter anser att den existerande testinfrastrukturen är användbar, men att det behövs kompletterande satsningar. Ett återkommande exempel är Studsvik som av respondenterna pekas ut som en central men sårbar resurs. Eftersom anläggningen i Studsvik är privatägd är förutsättningarna för långsiktig tillgång till den, särskilt för akademin, sämre. Det beskrivs som problematiskt att tester vid Studsvik är för kostsamma för forskare vid universitet. Prislappen minskar möjligheterna till bred akademisk användning, enligt respondenter.

Enligt respondenter finns ett behov av att etablera nationella kärnkraftsforsknings laboratorium, med offentligt finansierad, och förvaltad, infrastruktur. Dessa laboratorier ska ses som ett komplement – inte ett substitut – för befintliga test och utvecklingsmiljöer enligt respondenter. Respondenter ser att de skulle kunna fungera som en samlande nod för forskning, utveckling och kompetensöverföring. Miljöerna skulle även möjliggöra effektivare användning av resurser.

Ytterligare en förutsättning för att möta forskningsbehov är att satsningar på infrastruktur måste inkludera lösningar för hantering av kärnavfall som uppstår i forskningsverksamhet. Respondenter menar att avfallshantering ofta är en begränsande faktor, särskilt vid universitet och högskolor som saknar eller har underutvecklade rutiner för att ta emot och göra sig av med radioaktivt avfall.

2.3.5 System och källor för finansiering

Ett mer öppet, samordnat och kompetensstarkt finansieringssystem är en förutsättning för att möta forskningsbehov, anser respondenter. Förändringar i finansieringssystemet skulle göra det möjligt att studera kärnkraft som en del av hela energilandskapet, men också mer forskning om icke-tekniska perspektiv. Respondenterna betonar att det finns flera utmaningar med dagens finansieringssystem som påverkar möjligheten att möta framtida behov av kärnkraftsforskning.

Flera respondenter anser att tillgången till medel för icke-teknisk och tvärvetenskaplig forskning om kärnkraft måste öka eftersom de ekonomiska förutsättningarna för att bedriva den typen av forskning inte finns. De efterfrågar därför ett finansieringssystem som tydligare uppmuntrar bredd i forskningsinriktningar och som ger samhällsvetenskaplig större tillgång till långsiktiga finansieringsmöjligheter. Utan långsiktiga finansieringsmöjligheter är det, enligt respondenterna, svårt att bygga upp forskningsmiljöer, handleda doktorander eller etablera tvärvetenskapliga samarbeten.

Öppna och breda utlysningar lyfts som en nödvändig förutsättning för att möta forskningsbehov. Enligt flera respondenter så skapar utlysningarna idag en inlåsningseffekt. De menar att ansökningar måste anpassas till fördefinierade ramar snarare än att spegla reella forskningsbehov. Respondenterna lyfter att alltför begränsade utlysningar hindrar innovation och långsiktig uppbyggnad av kompetens.

Respondenter upplever också i vissa fall bristande intern kompetens i utlysningsarbetet bland forskningsfinansiärer[17]. En synpunkt är att utlysningar ibland formuleras utan tillräcklig

[17] Respondenterna exemplifierar inte med explicita forskningsfinansiärer i reflektioner kring intern kompetens hos forskningsfinansiärer i utlysningsarbetet.

förståelse för kärnkraftsrelaterade frågor, vilket leder till att viktiga forskningsområden missas. Det är inte i första hand bedömningen av enskilda ansökningar som respondenter anmärker på, utan snarare hur utlysningstexterna är skrivna och vilka teman som prioriteras. Respondenterna menar att det behövs bättre förståelse för både teknikens förutsättningar och forskningens logik för att säkerställa att utlysningar speglar faktiska behov av och möjligheter för kärnkraftsforskning. För att höja kvaliteten på utlysningar efterfrågar respondenter en förbättrad kunskapsdelning och samverkan mellan forskningsfinansiärer, exempelvis Vetenskapsrådet eller Energimyndigheten, och expertmyndigheter, som SSM, i utformningen av tematiska prioriteringar.

En ytterligare utmaning är EU:s forskningsfinansieringssystem, särskilt uppdelningen mellan Horizon Europe och Euratom. Medan medel från Euratom endast får användas till kärnkraftsforskning gäller det omvända för Horizon Europe-medel. Flera respondenter påtalar att uppdelningen leder till att kärnkraftsforskning blir separat från forskning om andra energislag, något som kan försvåra analyser om kärnkraftens roll i ett integrerat och flexibelt energisystem.

2.3.6 Sammanfattning av förutsättningar, utmaningar och möjligheter kopplat till forskningsbehoven

För att möta forskningsbehov behövs samordnade, inkluderande och långsiktiga satsningar enligt respondenter. Samordnande, inkluderande och långsiktiga satsningar möjliggör en hållbar och innovativ utveckling av kärnkraft i Sverige.

Genom långsiktiga strategier, tvärvetenskapliga samarbeten, tillgång till testmiljöer och anpassade finansieringssystem kan forskningsbehov för utveckling av kärnkraft mötas enligt respondenter. Respondenterna efterlyser en strategi som sträcker sig längre än en enskild regerings mandatperiod och som inkluderar stabil finansiering, forskningsinfrastruktur och personalresurser. Nuvarande politiska prioriteringar har skapat positiva förutsättningar, men riskerna med framtida politiska prioriteringsskiftningar lyfts som hot mot kontinuitet. Kompetensförsörjning är ett akut problem då många seniora forskare närmar sig pension utan tillräcklig återväxt. Permanenta tjänster efterfrågas för att säkra kontinuitet och kunskapsöverföring. Samtidigt försvårar säkerhetsskyddslagen rekrytering av viss internationell kompetens.

Även test- och utvecklingsmiljöer är avgörande, men dagens infrastruktur upplevs som hindrande för akademins behov på grund av höga kostnader och begränsad tillgång. Offentligt finansierade nationella laboratorium föreslås som komplement. Finansieringssystemet i sin helhet behöver reformeras för att möjliggöra tvärvetenskaplig forskning och bredd i forskningsinriktningar. Respondenterna efterlyser öppna och tematiskt breda utlysningar, samt bättre kompetens hos forskningsfinansiärer för att kunna formulera relevanta prioriteringar. På EU-nivå utgör separationen mellan Horizon Europe och Euratom ett hinder för helhetssyn av energisystemet, då det försvårar forskning om kärnkraftens roll i det bredare energisystemet.

2.4 Internationella och multilaterala forskningssamarbeten inom kärnkraft

I det här kapitlet redogör vi för resultatet av vår kartläggning om svensk representation i internationella och multilaterala forskningssamarbeten om kärnkraft. Vi presenterar industrins, akademins och forskningsfinansiärernas representation separat under respektive underrubrik. Kapitlet avslutas med en sammanfattning.

2.4.1 Svenska industrins representation

Vår kartläggning visar att svensk industri medverkar i samarbeten och forskningsprojekt på internationell, europeisk, och nordisk nivå. Därtill samverkar industrin också med flera universitet utanför Sverige.

Vad gäller internationella samarbeten finns svensk industri representerade i bland annat IAEA, det internationella atomenergiorganet inom projekt som fokuserar på utveckling av innovation kopplat till långtidsdrift i kärnkraftsanläggningar.

SKB och andra internationella industriaktörer samarbetar inom ramen för Organisation for Economic Co-operation and Development – Nuclear Energy Agency (OECD NEA) genom att exempelvis medverka i säkerhetsgrupper (safety case groups), det vill säga grupper som utvecklar och utvärderar slutförvar i ett safety case (säkerhetsunderlag). Underlagen innehåller information och metoder som skapar bättre kvalitet i analysresultat, samt i vetenskapliga och institutionella processer. Det finns fyra undergrupper som utför uppgifter inom specifika ämnesområden. Tre undergrupper fokuserar på genomförbarheten av förvar i tre olika bergarter. Den fjärde undergruppen, Expertgruppen för driftsäkerhet (EGOS), behandlar driftsäkerheten i geologiska förvar[18].

Andra exempel på samverkan inom ramen för OECD NEA är två projekt som drivs av Studsvik: Studsvik Cladding Integrity Project (SCIP) och SMILE (Studsvik Material Integrity Life Extension). Studsvik koordinerar projekten och testerna körs vid deras testinfrastruktur.

SCIP fokuserar på bränslefrågor, bland annat att bränslen uppfyller krav både på kvalitet och driftsäkerhet, men också på säkerhet. I SCIP bidrar följande svenska aktörer till forskning om slutförvar och driftsfrågor:

- OKG AB,
- SSM,
- Vattenfall Nuclear Fuel AB,
- Westinghouse Electric Sweden AB

Inom ramen för SCIP byggs utrustning och maskiner för att testa bränslen.

SMILE syftar till att undersöka åldrade material från kärnkraftverk (Kokvattenreaktor och Tryckvattenreaktor) som är under avveckling för att bättre förstå och förutsäga åldringsfenomen såsom metallutmattning, korrosion och termiskt åldrande. Svenska aktörer som ingår i projektet är bland annat Ringhals och OKG. Svenska industrin bidrar med sitt material (från reaktorer de driver i Sverige) och internationella aktörer bidrar med ekonomiska medel och kunskap för att genomföra analyser och test och analysverksamheten bedrivs via Studsvik i Sverige. Projektet omfattar 20 aktörer (så som nationella myndigheter operatörer, forskningsanläggningar, och bränsletillverkare) från 10 länder.

Industrin är också verksamma inom Euratom, exempelvis är SKB medverkade i EURAD-2 (program inom Euratom). Programmet innefattar forskningsfrågor om hantering av radioaktivt avfall. Detta omfattar alla faser i slutförvar, inklusive förberedelse och slutförvaring, genom ett robust program för vetenskap, teknik och kunskapshantering.

[18] OECD NEA. (u.å.). *Integration Group for the Safety Case (IGSC)*. Nuclear Energy Agency (NEA) – Integration Group for the Safety Case (IGSC)

Vad gäller andra internationella projekt där svensk industri medverkar finns exempelvis programmet MIDAS (mechanistic understanding of irradiation damage in fuel assemblies), som Westinghouse deltar i. MIDAS fokuserar på forskning om zirkoniumbaserade material som är viktiga för att utveckla bränsle till kärnkraft. Deltagare i projekt är exempelvis flera universitet i Sverige, i Storbritannien och USA.

Industrin samverkar även internationellt inom EPRI, Electric Power Research Institute. Svenska industriaktörer bland annat Vattenfall är betalande medlemmar i organisationen och medverkar i forskning, får tillgång till forskningsresultat, nätverk och expertis.

Samverkan sker mellan svensk industri och franska energibolaget Électricité de France (EDF). Det innebär exempelvis att svenska industriaktörer samarbetar med EDF:s utvecklingsavdelning. Avdelningen är med och utvecklar samt finansierar delar av forskningen som svenska aktörer bedriver.

Kartläggningen visar även att industrin i Sverige samarbetar med universitet i Storbritannien, USA, Australien, Schweiz. Samarbetet innebär att svenska industriaktörer bedriver forskning tillsammans med forskare från ovanstående länder.

I tabellen nedan sammanställer vi de exempel på samarbeten som vi beskrivit i avsnittet. Notera att sammanställningen inte ger en uttömmande bild av alla samarbeten/samverkansplattformar som svenska aktörer deltar i utan endast baseras på respondenternas svar.

Tabell 1. Exempel på svenska industriaktörers representation.

Samarbete/ samverkans-plattform	Exempel på samarbetets/samverkansplattformens syfte	Medverkande aktörer
OECD NEA – safety case groups	Grupperna utvecklar och utvärderar slutförvar i safety case (säkerhetsunderlag). Underlagen ligger till grund för beslutsfattandet i varje skede av slutförvarets utveckling, och innehåller underlag och metoder som underbygger kvalitet för analysresultat, samt i de vetenskapliga och institutionella processerna.	SKB
OECD NEA SCIP	SCIP fokuserar på bränslefrågor. Syftet är att förbättra förståelsen för kärnbränsleklädnaders beteende, särskilt under normal drift och klädnader med hög förbränning. Detta inkluderar exempelvis för att säkerställa att bränslet uppfyller krav både på kvalitet och driftsäkerhet, men också på säkerhet	Studsvik OKG AB, SSM, Vattenfall Nuclear Fuel AB, Westinghouse Electric Sweden AB
OECD NEA SMILE	Syftar till att undersöka åldrade material från kärnkraftverk (Kokvattenreaktor och Tryckvattenreaktor) som är under avveckling, för att bättre förstå och förutsäga åldrings-fenomen såsom metallutmattning, korrosion och termiskt åldrande	Studsvik, Ringhals och OKG
EURAD-2	Syftar till att undersöka forskningsfrågor kopplat hantering av radioaktivt avfall. Detta omfattar alla faser i slutförvar, inklusive förberedelse och slutförvaring, genom ett robust program för vetenskap, teknik och kunskapshantering	SKB
MIDAS	MIDAS fokuserar på forskning om zirkoniumbaserade material (vilket är centralt för bränsleutveckling för kärnkraft). Syftet med programmet är att få en bättre förståelse för dessa zirkoniumbaserade materials prestanda och beteendeegenskaper i den extrema miljön i en reaktorhärd. Genom detta kommer man att kunna använda kärnbränsle på ett bättre och effektivare sätt, vilket öppnar vägen för renare, billigare och säkrare kärnkraft.	Westinghouse och svenska universitet

Samarbete/ samverkans-plattform	Exempel på samarbetets/samverkansplattformens syfte	Medverkande aktörer
EPRI	Syftet med EPRI-samarbetet är att hitta lösningar på energiutmaningar och främja innovation inom kraftsystemet, med fokus på områden som generation, överföring och distribution av elektricitet. Svenska industriaktörer betalande medlemmar. Syftet är att medverka i internationell forskning, få tillgång forskningsresultat, olika nätverk, och expertis	Vattenfall
EDF	Samarbete med EDF:s utvecklingsavdelning. Syftet med samverkan är att verifiera bränslen så att de uppfyller krav både på kvalitet och driftsäkerhet.	Studsvik, Cyclife
Samverkan med universitet – Storbritannien, USA, Australien, Schweiz	Syftet är kunskapsutbyte med forskare från Storbritannien, USA, Australien, Schweiz.	Westinghouse

2.4.2 Svenska akademins representation

Svensk akademi samverkar inom ramen för flera internationella projekt och samarbeten med universitet och industri internationellt.

De samarbeten som framkommer i vår kartläggning är samverkan med industri i exempelvis USA och Kanada. Inom ramen för EU-projekt sker samverkan särskilt med länder i Europa. Exempel på länder som akademins samarbetspartners kommer ifrån är enligt vår kartläggning:

- Tyskland, en ny miljö kopplat till kärnkraftsutveckling håller på att byggas upp i Frankfurt, med särskilt fokus på utveckling av avancerad kärnkraftsteknik som fjärde och femte generationens reaktorer samt SMR.
- England, exempelvis sker samverkan med University of Manchester (Dalton Nuclear Institute) inom forskning för inklusive förlängning av anläggningars livslängd, nybyggnation av kärnkraftverk, avveckling och avfallshantering.
- Länder i Baltikum, här samverkar svenska forskare med forskare från de baltiska länderna inom miljöområdet.
- I Norden bedrivs samverkan mellan svenska och nordiska universitet, exempelvis inom internationell klimatforskning med Centrum för internationell klimat- och miljöforskning i Oslo (CICERO), och Danmarks Tekniske Universitet(DTU).

I tabellen nedan sammanställer vi de exempel som vi redogjort för ovan. Notera att sammanställningen inte ger en uttömmande bild av de samarbeten/samverkansplattformar som svenska akademin deltar i, utan baseras endast på respondenternas svar.

Tabell 2. Exempel på svenska akademins representation.

Samarbete/ samverkans-plattform	Exempel på samarbetets/samverkansplattformens syfte	Medverkande aktörer
Industriaktörer i USA/Kanada	Juridisk forskning	Uppsala universitet
Tyskland	Samarbete i med aktörer i Frankfurt gäller främst en ny miljö som syftar till att främja utveckling av avancerad kärnkraftsteknik, med särskilt fokus på fjärde och femte generationens reaktorer samt SMR	Kungliga tekniska högskolan
England, University of Manchester	Syftet med samverkan är att undersöka förlängning av anläggningars livslängd, nybyggnation av kärnkraftverk, avveckling och avfallshantering	Kungliga tekniska högskolan
Länder i Baltikum	Syftet med samverkan är kunskapsutbyte med forskare från de baltiska länderna inom miljöområdet	Lunds universitet
CICERO	Syftet med samverkan är att bättre förstå aktörer som driver på förändring, hur de värderar investeringar och vilka verktyg de använder kopplat till initiativ för att välja bort investeringar i fossila bränslen i pensionsfonderna.	Örebro universitet
DTU	Syftet med samverkan är att bättre förstå aktörer som driver på förändring, hur de värderar investeringar och vilka verktyg de använder kopplat till initiativ för att välja bort investeringar i fossila bränslen i pensionsfonderna.	Örebro universitet

2.4.3 Svenska forskningsfinansiärers representation

Svenska forskningsfinansiärer samverkar också internationellt, enligt vår kartläggning. Precis som industrin och akademin finns de representerade inom ramen för samarbeten i OECD NEA och EU-finansierade projekt, detta gäller SSM, som exempelvis medverkar SSM i både SCIP och SMILE som leds av Studsvik.

I Norden sker samverkan mellan SSM och Nordisk kärnkraftsforskning (NKS) och SKC. Inom ramen för detta medverkar SSM i kompetensstödjande finansieringsprogram som är avgörande för kompetensförsörjningen i Sverige[19].

Vår kartläggning visar att forskningsfinansiärerna också samverkar med aktörer i länder så som:

- Sydkorea, utvecklingssamarbete
- Taiwan, utvecklingssamarbete
- Japan, utvecklingssamarbete
- Ukraina, utvecklingssamarbete
- och Frankrike, samarbetsprojekt inom kärnkraftsforskning.

Vad gäller de asiatiska länderna har syftet med samverkan varit att öka svenskt samarbete med Asien och sänka trösklar för språk- och kulturella barriärer, samt att dra lärdom av den tekniska kompetens om kärnkraft som finns i exempelvis Japan.

[19] Strålsäkerhetsmyndigheten. (2025). *Sammanfattande behovsanalys för Strålsäkerhetsmyndighetens forskningsfinansiering för 2025*.

I tabellen nedan sammanställer vi de exempel som vi redogjort för ovan. Notera att sammanställningen inte ger en uttömmande bild av alla de samarbeten/samverkans plattformar där svenska forskningsfinansiärer medverkar, utan endast baseras på respondenternas svar.

Tabell 3. Exempel på svenska forskningsfinansiärers representation.

Samarbete/ samverkans-plattform	Exempel på samarbetets/samverkansplattformens syfte	Medverkande aktörer
NKS	Kompetenstödjande syfte	SSM
Sydkorea, Taiwan, Japan Ukraina	Syftar till att möjliggöra utvecklingssamarbete	Stiftelsen för strategisk forskning
Frankrike	Syftar till att skapa och genomföra samarbeten inom kärnkraftsforskningsprojekt	SKC

2.4.4 Sammanfattning av internationella och multilaterala forskningssamarbeten inom kärnkraft

Svensk kärnkraftsindustri är aktivt engagerad i internationella forskningssamarbeten på flera nivåer, inklusive deltagande i organisationer som IAEA och OECD NEA. Genom dessa samarbeten bidrar aktörer som Vattenfall, Ringhals, OKG och Westinghouse till projekt om bränslesäkerhet, åldringsstudier, robotik och slutförvar, ofta med Studsvik som testcenter. Projekten SCIP och SMILE är exempel, där svenska aktörer förser projekten med material och infrastruktur medan internationella partner bidrar med finansiering och analys. Svenska industriaktörer är även involverade i projekt som MIDAS, medlemmar i EPRI samt samarbetar med internationella energibolag som EDF. Därtill samarbetar industriaktörerna med universitet och forskningsinstitut ibland annat Storbritannien, USA, Schweiz och Australien.

Akademin i Sverige är också brett internationellt engagerad. Forskare samarbetar med universitet i bland annat Kanada, USA, England (bl.a. Dalton Nuclear Institute vid University of Manchester), Norge (Halden), samt länder i Baltikum och övriga Norden. Fokusområden för samarbeten inkluderar både teknikutveckling, testmiljöer och miljöforskning. Svenska forskningsfinansiärer, särskilt SSM och SKC, är delaktiga i internationella initiativ inom OECD NEA och nordiska plattformar som NKS. Finansiärerna samarbetar också med aktörer i länder som Sydkorea, Taiwan, Japan, Ukraina och Frankrike. Syftet med samarbetena är att främja kompetensutbyte, utveckling av teknik och ökad kulturell förståelse, samt att ta del av avancerad teknisk expertis från internationella kärnkraftsaktörer. Dessa samverkansstrukturer är enligt respondenterna avgörande för att stärka Sveriges roll inom den globala kärnkraftsforskningen.

3 En internationell utblick

I kapitlet presenterar vi några av de strategiska riktlinjer och prioriteringar som styr kärnkraftsforskning i Europa. Presentationen utgår från tre centrala dokument: Euratoms arbetsplan för forsknings- och utbildningsprogrammet 2023–2025, EU-kommissionens strategiska energiteknikplan (SET-planen) och den strategiska forsknings- och innovationsplanen från EU:s teknikplattform för kärnkraft, SNETP.

I kapitlet presenterar vi även resultatet av vår fallstudie om tre länder: Finland, Frankrike och Storbritannien. Vi har studerat respektive lands kärnkraftsstrategi, i de fall en strategi finns, samt landets forsknings- och innovationsprogram. Vi har även kartlagt vilka forskningsfrågor som är aktuella i länderna, vilken forskning som kommer att vara viktig i framtiden samt bedömt till vilka av de åtta perspektiven som forskningsfrågorna går att koppla till. Avsnitten om respektive land innehåller dessutom en presentation av vilka offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer som finns i landet samt hur finansieringen är utformad.

Precis som i Sverige visar studien att kärnkraft en central del av planeringen för framtidens energimix. Regeringarna i fallstudieländerna stödjer samtliga kärnkraftsforskning, innovationsinitiativ för kärnkraftsutveckling och kompetensförsörjning. I såväl fallstudieländerna som Sverige finns identifierade behov av forskning för nya reaktorteknologier (särskilt SMR), livstidsförlängning av befintliga reaktorer och förbättrad avfallshantering. Likaså finns ett gemensamt forskningsfokus på att stärka säkerhet, legitimitet och teknikutveckling i takt med ökade krav på fossilfri elproduktion.

Det som särskiljer Sverige från fallstudieländerna är framför allt avsaknaden av ett långsiktigt, renodlat och samordnat program och/eller strategi för kärnkraftsforskning och kompetensförsörjning. Finland har ett nationellt forskningsprogram (SAFER2028) och Frankrike en uttalad strategi för utveckling av kärnkraft, till skillnad från Sverige. Vidare finns det i Storbritannien strukturerade doktorandprogram och i Finland finns långsiktiga kompetensuppbyggnadsstrategier, vilket inte finns i Sverige.

3.1 Europeiska forskningsagendor

I det här kapitlet redovisar vi innehållet i tre strategiska dokument för kärnkraftsforskning i Europa och kapitlet avslutas därefter med en sammanfattning. Kapitlet bygger på en granskning av följande tre dokument:

- Arbetsplanen för Euratoms forsknings- och utbildningsprogram (Research and Training Programme) under åren 2023–2025[20]
- EU-kommissionens strategiska plan för energiteknik, SET-planen (specifikt planen för åtgärdsområde 10 som handlar om säkerhet på kärnkraftsanläggningar)[21]
- Den strategiska forsknings och innovationsplanen för EU-kommissionens teknikplattform för kärnkraft, SNETP[22]

[20] Euratom Research and Training Programme Work Programme 2023–2025, (2024)

[21] Strategic Energy Technology Plan Key Action 10 Implementation Plan: ‘Maintaining a high level of safety of nuclear reactors and associated fuel cycles during operation and decommissioning, while improving their efficiency’, (2019)

[22] SNETP Strategic Research and Innovation Agenda, (2021)

SET-planen samt SNETP:s plan för forskning och innovation funktion är att agera styrande för respektive organisations samlade arbete med forskning och utveckling. Arbetsplanen från Euratom skiljer sig från de övriga dokumenten eftersom det innehåller beskrivningar av vilka forskningsmedel som Euratom kommer att utlysa under perioden 2023–2025.

Nedan beskriver vi innehållet i respektive dokument.

3.1.1 Arbetsplanen för Euratoms forsknings- och utbildningsprogram

Euratoms forsknings- och utvecklingsprogram är ett EU-finansierat program för kärnkraftsforskning. Under perioden 2021–2025 omfattar programmet 1,38 miljarder euro som forskare kan söka för att genomföra forskningsprojekt om fission och fusion. Av de totala forskningsmedlen har EU-kommissionen vikt 266 miljoner euro till forskning om fission, varav hälften till forskning om säkerhet på kärnkraftsanläggningar.

Under perioden 2023–2025 utlyser Euratom medel inom 11 specifika forskningsområden, fördelat på 3 övergripande forskningsområden:

- Kärnkraftsäkerhet (6 utlysningar)
- Säker hantering av använt bränsle och radioaktivt avfall samt avveckling av kärnkraftsanläggningar (1 utlysning)
- Tillämpningar inom kärnvetenskap och joniserande strålning, strålskydd och katastrofberedskap (4 utlysningar)

Nedan redogör vi för innebörden av ett urval av de elva utlysningarna.

Medlen för kärnkraftssäkerhet ska gå till forskning om säkerhet i både befintliga kärnkraftsreaktorer och nya avancerade system. Syftet med den första utlysningen är att främja utvecklingen av metoder och verktyg för att bedöma livslängd och slitage på material och komponenter i befintliga reaktorer. Ansökningar kan exempelvis handla om forskning om nya digitala lösningar för bedömning och simulering av materialnedbrytning. Den andra och tredje utlysningen ska främja forskning om säkerhet vid driften av små modulära lättvattenreaktorer (LW-SMR) samt avancerade kärnkraftssystem, däribland SMR. Euratom efterlyser särskilt forskning om säkerhetsaspekter i samband med integrering av SMR i elnätet, exempelvis beredskap för svåra haverier och skydd mot strålning.

Utlysningarna gällande avveckling och avfall samt strålskydd och katastrofberedskap handlar bland annat om innovation av befintliga tekniker för avveckling och nya användningsområden av strålning, exempelvis i form av radioisotoper. Euratom beskriver hur just isotoper och radiometriska tekniker är tillämpbara i klimatforskning som spårämnen. Med hjälp av spårämnen är det exempelvis möjligt för forskare att kartlägga klimatförändringars effekter på ekosystem samt mark- och luftföroreningar. Det finns även en utlysning med syftet att stödja utvecklingen av högpresterande forskningsreaktorer (HPRR) samt forskningsreaktorer med medelhög effekt (MPRR).

3.1.2 EU-kommissionens strategiska plan för energiteknik

EU-kommissionens strategiska plan för energiteknik, SET-planen, togs fram av kommissionen 2007 för att främja en gemensam politik för energiteknik i Europa. Den nuvarande planen från 2019 består av tio åtgärdsområden, varav ett är säkerhet i kärnkraftsanläggningar. Bland de nio rekommenderade forskningsområdena för kärnkraft som kommissionen pekar ut finns bland annat säkerhet vid driften av kärnkraftsanläggningar och hantering av radioaktivt avfall.

Forskningsbehoven inkluderar riskbedömning, åldringshantering av material och system, hantering av svåra haverier och utveckling av nya säkrare reaktordesigner (avancerade reaktorer och SMR). Även utveckling av 'digitala tvillingar' för driftoptimering och nya bränslekoncept som olyckstoleranta bränslen (ATF) lyfts av kommissionen fram som viktiga utvecklingsområden. Studier om effekterna av låga stråldoser på människor och miljö samt förberedelser för geologisk slutförvaring och förbättrad avfallshantering är också centrala. Målet är att höja säkerheten, minska avfallsvolymer, främja hållbar kärnkraft och förbereda för nya teknologier såsom Generation IV-reaktorer och kärnkraft för värme- och elproduktion.

3.1.3 Den strategiska forsknings och innovationsplanen för EU-kommissionens teknikplattform för kärnkraft, SNETP

SNETP:s strategiska forsknings och innovationsplan är vägledande för forskning och innovation inom fission i Europa. Dokumentets status beror på SNETP:s roll som europeisk teknikplattform, det vill säga en organisation med syftet att främja en gemensam inriktning för forskning inom ett specifikt område. Innehållet i forsknings- och innovationsplanen utgår dessutom från SET-planen.

SNETP består av 126 medlemsorganisationer från 26 länder. Medlemmarna är bland annat industriföretag, forskningsinstitut och universitet. Från Sverige deltar representanter för Chalmers tekniska högskola, Kungliga Tekniska Högskolan, Swerim, Vattenfall och Westinghouse.

I planen läggs särskild vikt vid reaktorers drift och konstruktion, inspektion och icke-destruktiv provning, nästa generations fissionsreaktorer[23] och SMR. Fokus ligger på ökad säkerhet, livstidsförlängning av anläggningar, digitalisering och nya material för att möta framtidens krav. I planen finns det även rekommendationer för forskning om bränsleutveckling, avfallshantering och avveckling, samt sociala, miljömässiga och ekonomiska faktorer kopplade till kärnenergi. Digitalisering, modellering och simulering framhålls som nyckelteknologier för framtida optimeringar. Målet med planen är att stärka Europas ledarskap inom kärnsektorn genom innovation, hållbarhet och internationellt samarbete.

3.1.4 Sammanfattning av europeiska forskningsagendor

I kapitlet har vi beskrivit innehållet i tre strategiskt viktiga dokument för kärnkraftsforskning i Europa: Euratoms arbetsplan för forskningsutlysningar 2023–2025, EU-kommissionens SET-plan för energiteknik samt forsknings- och innovationsplanen från SNETP.

Euratoms arbetsplan omfattar 266 miljoner euro för forskning om fission, med fokus på kärnkraftssäkerhet, avfallshantering och strålskydd. Bland organisationens elva utlysningar under perioden 2023–2025 finns utlysningar för forskning om åldringshantering, säkerhet för SMR-system och digitala verktyg för riskanalys. Dessutom uppmuntrar Euratom genom utlysningarna till teknikutveckling inom avveckling, radioisotoptillämpningar och framtidens forskningsreaktorer. Syftet med utlysningarna är att bidra till forskning om både teknik och samhälle, tekniska och samhällsrelevanta aspekter, exempelvis forskning om katastrofberedskap och klimatpåverkan.

[23] När det gäller "nästa generations fissionsreaktorer" avser SNETP både Generation III+ (Gen III+) och Generation IV (Gen IV)-reaktorer

SET-planens åtgärdsområde 10 handlar om säkerhet i kärnkraftsanläggningar, särskilt nya bränslekoncept (som olyckstoleranta bränslen), digitala tvillingar och generation III- och IV-reaktorer, men även påverkan av låga stråldoser.

SNETP:s strategiska plan för forskning och innovation fokuserar på reaktordesign, säkerhetsoptimering, livstidsförlängning, materialforskning och digitalisering, men även hållbarhet (ekonomisk, social och ekologisk). Sammantaget syftar dokumenten till att främja innovation, samordning och europeiskt ledarskap inom kärnkraftsforskning.

3.2 Fallstudie 1: Finland

I detta kapitel presenterar vi nationella kärnkraftsstrategier och forsknings- och innovationsprogram för kärnkraft i Finland. Vidare beskriver vi i kapitlet vilka forskningsfrågor och framtida forskningsbehov som är aktuella i landet. Slutligen presenterar vi Finlands största offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer inom kärnkraft inklusive dessas finansieringsmetoder. Data är insamlade genom dokumentstudier och intervjuer. Kapitlet avslutas med en sammanfattning.

Sammanfattningsvis är följande forskningsfrågor särskilt aktuella: modellering av fjärrvärmereaktorer, reglering av SMR, kärnkraftens roll i ett koldioxidfritt energisystem, säkerhet inom kärnavfallshantering, slutförvaringsprojektet i Onkalo, rollerna hos lokalsamhällen i slutförvaringsbeslut samt optimering av slutförvaringsplaner för använt kärnbränsle.

Kommande forskningsbehov inkluderar: övergripande säkerhet och samhälle, reaktorsäkerhet och bränslecykel, hantering av kärnavfall, slutförvaring och avveckling samt mekanisk och strukturell säkerhet hos kärnkraftverk.

Två offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer (STUK och VYR) finansierar kärnkraftsrelaterad forskning i Finland. De vanligaste finansieringsmetoderna är utlysningar för forskningsprojekt och upphandlingar.

3.2.1 Nationell kärnkraftsstrategi i Finland

Finland har ingen uttalad nationell strategi för kärnkraft. I den samlade nationella klimat- och energistrategin[24] ägnar regeringen ett delkapitel åt kärnkraftens roll för att nå energi- och klimatpolitiska mål.

Regeringen pekar inte ut något forskningsområde som särskilt viktigt i klimat- och energistrategin. Däremot konstaterar regeringen att utvecklingen av ny teknik och förändringar i energisystemet kräver en total reform av kärnenergilagstiftning från 1980-talet. Den nya lagstiftningen kan träda i kraft 2027 och ska särskilt beakta utvecklingen av SMR[25].

3.2.2 Forsknings- och innovationsprogram inom kärnkraft

SAFER2028 är Finlands nationella program för forskning och innovation inom kärnkraft. Programmet finansieras av VYR och andra centrala organisationer som verkar inom kärnenergiområdet. VYR:s årliga finansiering av forskningen inom SAFER2028 och

[24] Arbets- och näringsministeriet (2022). Klimatneutralt Finland 2035 – den nationella klimat- och energistrategin. Tillgänglig: Klimatneutralt Finland 2035 – den nationella klimat- och energistrategin

[25] Arbets- och näringsministeriet (2022). Klimatneutralt Finland 2035 – den nationella klimat- och energistrategin. Tillgänglig: Klimatneutralt Finland 2035 – den nationella klimat- och energistrategin

det nationella forskningsprogrammet för kärnavfallshantering (KYT) uppgår till cirka 10 miljoner euro. Målet med SAFER2028 är att främja utvecklingen av metoder och tillvägagångssätt som tar hänsyn till reaktor- och driftsäkerhet utifrån ett systemperspektiv. Forskningen som får stöd av programmet handlar bland annat:

- Vidareutveckling av ramverk för att utvärdera övergripande säkerhet.
- Förbättrad förståelse för hur samhället uppfattar säkerhet, risker och behov av reglering inom kärnkrafts- och andra industrier.
- Utveckling av principer och metoder för riskinformerade och graderade tillvägagångssätt inom olika säkerhetsledningssammanhang.
- Fördjupad kunskap om Human Factors Engineering (HFE) och Human and Organisational Factors (HOF), särskilt i nya tekniker som SMR och i olika livscykelfaser.
- Förbättring av kapaciteten för probabilistisk riskanalys (PRA) och riskbaserat beslutsfattande.
- Produktion av relevant kunskap om SMR-säkerhet och dess påverkan på säkerhetskrav.

3.2.3 Aktuella forskningsfrågor i Finland

Kärnkraftsforskning i Finland handlar om säker och tillförlitlig drift av befintliga kärnkraftverk samt hantering och slutförvar av radioaktivt avfall. Finland är en global ledare inom både säker drift av kärnkraft och slutförvaring av kärnavfall. Forskningsområdena spänner från tekniska aspekter av SMR och energisystem till långsiktig säkerhet och samhällsacceptans för slutförvaringslösningar. Nedan sammanfattar vi några aktuella forskningsfrågor inom säker och tillförlitlig drift av kärnkraftverk samt hantering av slutförvaring, baserat på studier publicerade under senare år.

Säker och tillförlitlig drift av kärnkraftverk

Ett forskningsspår rör modellering av fjärrvärmereaktorer, där särskilt SMR för fjärrvärme har studerats. Exempelvis har reaktorn LDR-50 utvärderats både ur tekniskt och miljömässigt perspektiv, med syftet att bidra till en stabil och säker energiförsörjning.[26] Ett annat område som växer fram är forskning om reglering av SMR i Finland. Forskare vid bland annat Lappeenranta tekniska universitet och Jyväskylä universitet studerar lagstiftningsanpassning och hur industrin påverkar regulatoriska reformer som syftar till att möjliggöra införande av ny reaktorteknik.[27][28] Ett ytterligare forskningsspår rör kärnkraftens roll i ett framtida koldioxidfritt energisystem. Genom exempelvis modellering av olika scenarier analyseras hur kärnkraft kan komplettera förnybara energikällor, minska behovet av ellagring och sänka systemkostnader för elproduktion.[29]

[26] Sokka, L., Kirppu, H., & Leppänen, J. (2024). Evaluation of Life Cycle CO2 Emissions for the LDR-50 Nuclear District Heating Reactor. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en17133250.

[27] Kojo, M., Lehtonen, M., Kari, M., & Litmanen, T. (2023). Institutionalizing a promise: The case of small modular reactor regulation in Finland. *2023 19th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/EEM58374.2023.10161978

[28] Koivunen, T., Syri, S., & Millar, R. (2020). The role of nuclear power in a modeled carbon-free Finnish power system. *2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/EEM49802.2020.9221896

[29] Koivunen, T., Syri, S., & Millar, R. (2020). The role of nuclear power in a modeled carbon-free Finnish power system. *2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/EEM49802.2020.9221896

Hantering och slutförvaring

Inom området hantering och slutförvaring av kärnavfall bedrivs också flera studier. Ett forskningsspår fokuserar på hur säkerhetsaspekter påverkar politiska beslut om slutförvaring, med jämförelser mellan Finland och Frankrike. Forskare från bland annat Lappeenranta tekniska universitet och Jyväskylä universitet analyserar här samspelet mellan säkerhet och politisering i beslutsfattandet.[30] En annan studie rör det finska slutförvaringsprojektet i Onkalo, som utvecklas av Posiva Oy. Posiva Oy utför forskning som täcker flera forskningsfrågor kopplade till slutförvar. Där ibland barriärerna kopparkapsel, bentonit och berg, radionuklidtransport, tekniska system i slutförvaret och förberedelser av avfallet innan det når slutförvaret och de långsiktiga förutsättningarna för säkerhet och samhällsacceptans i relation till geologisk slutförvaring.[31] Rollerna hos lokalsamhällen i beslutsprocesser kring slutförvaring studeras också, där forskare visar att finska kommuner tenderar att ha större tillit till myndigheter, medan svenska kommuner har en mer aktiv roll i beslutsfattandet. [32] Slutligen har en matematisk modell tagits fram i syfte att optimera planeringen av slutförvaring av använt kärnbränsle. Modellen omfattar kapslings- och deponeringsscheman där hänsyn tas till olika typer av bränsle som förekommer i det finska systemet.[33]

Koppling till de åtta perspektiven

Forskningsbehoven kan kopplas till flera av de åtta perspektiven som kunskapssammanställningen utgår från. I tabellen nedan har vi exemplifierat med vilken forskning som vi anser går att koppla till perspektiven, samt varför. Notera att exemplifieringarna inte är strikta indelningar. Forskningsfrågorna kan kopplas an till flera perspektiv än de som anges nedan.

[30] Kojo, M., Lehtonen, M., Kari, M., & Litmanen, T. (2023). (De)politicization through safetization? Decision-making on nuclear waste management in Finland and France. *Safety of Nuclear Waste Disposal*. https://doi.org/10.5194/sand-2-269-2023

[31] Solomon, B. (2021). Solving a Wicked Problem in Deep Time: Nuclear Waste Disposal. *Science and Engineering Ethics*, 27. https://doi.org/10.1007/s11948-021-00299-5

[32] Kari, M., Kojo, M., & Lehtonen, M. (2021). Role of the host communities in final disposal of spent nuclear fuel in Finland and Sweden. *Progress in Nuclear Energy*, 133, 103632. https://doi.org/10.1016/J.PNUCENE.2021.103632

[33] Montonen, O., Eronen, V., Ranta, T., Huttunen, J., & Mäkelä, M. (2020). Multiobjective Mixed Integer Nonlinear Model to Plan the Schedule for the Final Disposal of the Spent Nuclear Fuel in Finland. *Mathematics*. https://doi.org/10.3390/math8040528

Tabell 4. Aktuella forskningsfrågors koppling till de åtta perspektiven.

Forskningsfråga	Exempel på perspektiv	Motivering
Modellering av fjärrvärmereaktorer	Kraftvärme/spillvärme	Forskningen handlar om att utveckla små kärnreaktorer för fjärrvärme och är därmed kopplad till värmeförsörjning.
Reglering av SMR	Konkurrenskraft och innovationer	Forskningen bidrar till kunskap om hur lagstiftning och politiska processer kan anpassas för att möjliggöra teknisk innovation och introduktion av SMR.
Slutförvar	Konkurrenskraft och innovationer Social hållbarhet och inkludering Ekologisk hållbarhet och klimat	Forskningen kombinerar tekniska och samhälleliga perspektiv på slutförvaring av kärnbränsle, från optimering av kapsling och deponering till studier av lokal acceptans och beslutsprocesser i Sverige och Finland, med målet att stärka innovation, social förankring och ekologisk hållbarhet.
Politisering och säkerhet inom kärnavfallshantering	Social hållbarhet och inkludering	Forskningen handlar om påverkan på politiska processer och säkerhetsfrågor som slutförvaring från olika aktörer, vilket berör social acceptans och beslutsprocesser.
Kärnkraftens roll i ett koldioxidfritt energisystem	Samspel i energisystemet	Forskningen handlar om hur kärnkraft kompletterar förnybar energi, påverkar behovet av energilagring och stabiliserar elpriser – det vill säga samspelet mellan olika delar av energisystemet.

3.2.4 Kommande forskningsbehov i Finland

Finlands regering har tagit fram en arbetsplan för SAFER2028 som enligt vår bedömning ger en indikation om vilka forskningsbehov som finska kärnkraftsaktörer har. SAFER2028 är uppdelat i fyra huvudsakliga programmål och forskningsområden:

1. Övergripande säkerhet och samhälle
2. Reaktorsäkerhet och bränslecykel
3. Hantering av kärnavfall, slutförvaring och avveckling
4. Mekanisk och strukturell säkerhet hos kärnkraftverk

Forskningsbehoven som rör **kärnkraftens säkerhet och samspelet med samhället** handlar om att utveckla ett helhetsgrepp för övergripande säkerhet, enligt vilket hela kärnbränslecykeln – från drift till slutförvaring – bedöms utifrån tekniska, organisatoriska och samhälleliga aspekter. Enligt regeringen finns det också ett behov av en djupare förståelse för hur politiska beslut, samhällstillit, hållbarhet och geopolitiska faktorer påverkar acceptansen av kärnkraft. System för riskbedömning (PRA/ Probabilistisk säkerhetsanalys (PSA)) behöver utvecklas för att bättre hantera osäkerheter, kombinerade händelser och nya teknologier som SMR. Mänskliga faktorer såsom kognitiv belastning, säkerhetskultur och effekter av automatisering behöver studeras närmare.

Forskningsbehoven gällande **reaktorsäkerhet** omfattar avancerade analysverktyg såsom systemkoder, Computational Fluid Dynamics (CFD)-verktyg och subkanalskoder, som används för att simulera normaldrift, transienter och haveriförlopp i kärntekniska system. Behoven gäller även verifiering och validering av modeller med hög noggrannhet och kvantifierade osäkerheter. Inom experimentell forskning finns det behov av en modernisering av testanläggningar som PACTEL, PPOOLEX och MOTEL, samt utveckling av nya mätmetoder för att stödja simuleringar. Inom bränslesäkerhet behövs det studier om högre utbränning, flexibel drift och nya bränslekoncept som ATF, liksom bränslets beteende

vid mellanlagring och slutförvar. Forskningen behöver även omfatta kriticitetssäkerhet och unika SMR-förhållanden. Det behövs fler modeller för att simulera svåra haverier, härdskador, vätgasbildning och radioaktiv spridning, samt scenarier för SMR i tätorter.

Forskningsbehoven inom **kärnavfallshantering** omfattar flera områden. För att utveckla förbehandlingen av radioaktivt avfall finns det ett behov av ytterligare optimering av konditioneringsmetoder, avfallsminimering, utveckling av dekonstrueringsmetoder samt hantering av komplexa avfallsströmmar. Förbättrade rutiner för sanering och rivning av anläggningar, inklusive hantering av sekundäravfall, är också viktiga. Inom slutförvaring behövs bättre mekanistiska modeller för barriärsystem som kopparkapslar och bentonitlera, samt mer avancerade säkerhetsanalyser för att kvantifiera osäkerheter i kopplade processer. Kompetens som behövs för nedmontering av kärnavfallsanläggningar skulle förbättras genom utveckling av metoder för bättre kartläggning, riskhantering och strålskydd. Det behövs även forskning om alternativa hanteringskoncept för avfall, inklusive SMR-bränsle, transmutation och omhändertagande av slutna strålkällor inom exempelvis sjukvården och industrin.

Forskningsbehoven gällande **konstruktionssäkerhet** handlar om åldringshantering i kärntekniska anläggningar, särskilt studier av korrosion och sprickbildning i kritiska komponenter som reaktortankar, rörsystem och ånggeneratorer, liksom betongkonstruktioners degradering. Vidare studier av degradering är viktiga för riskbedömningar och beslutsstöd för underhåll. Ett annat behov är utveckling av metoder för avancerad icke-förstörande provning, digital övervakning och additiv tillverkning. Forskningsbehov kopplat till säkerhet innefattar exempelvis forskning om externa chocker, brandsäkerhet och kombinerade hot. Simuleringstekniker för 3D-modellering, tidsberoende materialdata och kopplade fysikaliska processer (mekanisk, termisk, strålningsinducerad åldring) behöver vidareutvecklas.

Respondenten från VTT anser att arbetsplanen är för omfattande för att illustrera vilken forskning som är mest prioriterad för finska användare. I den senaste uppdateringen av arbetsplanen uttrycker medlemmarna i ledningsgruppen för programmet ett särskilt intresse för forskning om samhällelig acceptans för kärnenergi och avfallshantering eftersom det finns mycket lite forskning om dessa ämnen i forskningsprogrammet för närvarande.

I samband med ett seminarium den 30 mars 2025[34] presenterade representanter för energibolagen Teollisuuden Voima (TVO) och Fortum sina forskningsbehov med SAFER2028 som utgångspunkt. I tabellen nedan sammanfattar vi bolagens behov per forskningsområde.

[34] SAFER2028 Day: https://safer2028.fi/wp-content/uploads/Morning-session-presentations-for-website.pdf

Tabell 5. Sammanfattning av forskningsbehoven inom kärnkraft för Fortum och TVO.

Bolag	Forskningsområde	Forskningsbehov
TVO	Övergripande säkerhet och samhälle	• Studier av övergångar mellan livscykelfaser i kärnkraftverk. • Förnyelse av kärnsäkerhetsregler och påverkan. • Mänskliga faktorer, Artificiell Intelligens (AI)-tillämpning och maskininlärning. • Åldrande av elektrisk utrustning i torra miljöer. • Brandsäkerhet, särskilt kring kablar och tätningar.
	Reaktorsäkerhet och bränslecykel	• Fluktuationer i neutronflöde. • Neutronik kring tunga reflektorer. • Forskning om återflödning och motströmsflöde.
	Hantering av kärnavfall, slutförvaring och avveckling	• Optimering av avfallshantering och slutförvaring. • AI för mönsterigenkänning i icke-spridningsverifiering. • Studier av betongens hållbarhet.
	Mekanisk och strukturell säkerhet	• Åldrande av metaller, betong och polymerer. • Materialutmattning och spänningskorrosion. • Vibrationsstudier av interna reaktorkomponenter.
Fortum	Övergripande säkerhet och samhälle	• Extrema väderhändelser och påverkan på anläggningar. • Digital automationspålitlighet, störningar i elnät. • Säkerhetsledarskap, HTO (Human-Technology-Organisation) • Brandskydd i komponenter för el-, instrumenterings- och kontrollutrustning (I&C). • Åldrande i passiva säkerhetssystem.
	Reaktorsäkerhet och bränslecykel	• Experiment och validering av modeller. • Koppling mellan simulatorsystem (Kraken-Apros). • Bränslemodeller, dosimetri, icke-kondensabla gaser. • Experimentberedskap och uppdatering av databibliotek.
	Hantering av kärnavfall, slutförvaring och avveckling	• Geopolymerer och ersättning av slagg i avfallsbehandling. • Icke-destruktiv provning (NDE) för bergbultar. • Långtidssäkerhet och betong i borsyramiljö.
	Mekanisk och strukturell säkerhet	• Materialutmattning, additiv tillverkning (3D-printning), inspektionsmetoder. • Sprickbedömningar och svällning i reaktortankar. • Materialpåverkan av laserdekontaminering.

Koppling till de åtta perspektiven

Forskningsbehoven som regeringen lyfter fram i arbetsplanen för SAFER2028 kan kopplas till flera av de åtta perspektiven som kunskapssammanställningen utgår från. I tabellen nedan exemplifierar vi hur respektive forskningsområde inom programmet relaterar till kunskapssammanställningens perspektiv. Notera att exemplifieringarna inte är strikta indelningar. Forskningsområdena kan kopplas an till flera perspektiv än de som anges nedan.

Tabell 6. Forskningsområdens koppling till de åtta perspektiven.

Forsknings-område	Exempel på perspektiv	Motivering
Övergripande säkerhet och samhälle	Social hållbarhet och inkludering	I programmet förekommer forskning om hur lokalsamhällen och olika samhällsgrupper upplever kärnkraft och avfallshantering, samt forskning om transparens, tillit och delaktighet i beslutsprocesser.
	Beredskap (delvis)	Programmet berör frågor om övergripande riskhantering (organisatoriska faktorer, beslutsfattande i nödlägen, externa faktorer) vilket kan stärka beredskapens ”mjuka” dimension (tex. beslutsvägar, säkerhetskultur, kriskommunikation).
Reaktor-säkerhet och bränslecykel	Marknad och flexibilitet	Forskning om flexibel drift (load-follow), optimerad bränslecykel och nya reaktortyper som kan anpassas till varierande elpriser och efterfrågan.
	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Säkra reaktorer är en grundbult i en stabil elförsörjning. Programmets forskning om reaktorsäkerhet, passiva säkerhetssystem och robust drift kan stärka försörjningstryggheten.
	Konkurrenskraft och innovationer	Utveckling av nya tekniker (SMR, avancerade bränslen, digitaliserade verktyg) bidrar till innovation. Genom förbättrad säkerhet och kostnadseffektivitet får industrin högre konkurrenskraft.
	Beredskap	Svåra haverier, PSA-verktyg, utökade scenarier (naturliga/externa händelser) och utbildning i krishantering är direkt kopplat till robust olycksberedskap.
Hantering av kärnavfall, slutförvaring och avveckling	Ekologisk hållbarhet och klimat	Korrekt hantering av avfall och säkra slutförvarslösningar är avgörande för att undvika negativa miljö- och ekosystemeffekter på lång sikt.
	Konkurrenskraft och innovationer	Utveckling av nya förvarskoncept, optimerad drift och rivningsprocesser (smarta metoder för sanering och minimering av avfall) kan främja teknisk innovation och kostnadseffektivitet.
	Beredskap	I viss mån handlar avfallshantering om beredskap för incidenter (exempelvis läckage, sabotage) och robusthet i förvar och transporter.
Mekanisk och strukturell säkerhet	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Säker och tillförlitlig mekanisk/strukturell integritet är grundläggande för att upprätthålla kontinuerlig el- och värmeproduktion.
	Konkurrenskraft och innovationer	Nya material (exempelvis högpresterande betong, nya legeringar), additiv tillverkning och avancerade NDT-metoder främjar innovation och kan bidra till kostnadsfördelar och förbättrad säkerhet.
	Beredskap	Forskning om hur anläggningar klarar extrema laster (naturhändelser, yttre våld) stärker robusthet och krisberedskap.

3.2.5 Offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer inom kärnkraft

Finland har inga institut eller forskningsfinansiärer som enbart ägnar sig åt kärnkrafts-forskning. Den mesta forskningen sker vid VTT. Andra viktiga forskningsinstitut är Aalto-universitetet, Villmanstrands tekniska universitet (LUT), Geologiska forskningscentralen, Meteorologiska institutet samt universiteten i Helsingfors, Jyväskylä och Tammerfors. Dessutom bedriver STUK och kraftbolagen Fortum, TVO och Posiva Oy egen forskning eller finansierar forskning vid forskningsinstitut eller universitet.

Mycket av den efterfrågade forskningen i Finland finansieras via SAFER2028 (National Nuclear Safety and Waste Management Research Programme 2023–2028). Programmet finansieras i sin tur av Statens kärnavfallshanteringsfond (VYR) samt av andra centrala organisationer inom kärnenergiområdet, genom medfinansiering av de organisationer som ingår i projektpartnerskap under programmet, exempelvis kärnkraftsbolag, universitet och VTT.

Utöver STUK och VYR, finansierar även Research Council of Finland och Business Finland kärnkraftsrelaterad forskning.

Finansiering av kärnkraftsforskning

Utlysningar sker via forskningsprogrammet SAFER2028. STUK upphandlar i hög grad tjänster från VTT i egenskap av TSO. Det innebär att STUK upphandlar VTT vid stödbehov för STUK:s tillståndsgivning eller andra tillsynsfunktioner. Vid behov upphandlar STUK motsvarande tjänster av andra länders TSO:er[35].

3.2.6 Sammanfattning av fallstudie 1: Finland

Finland har ingen uttrycklig nationell kärnkraftsstrategi, men kärnkraft ses som en viktig del av landets energisystem och klimatpolitik. Forskningsprogrammet SAFER2028 utgör ramen för nationell FoI inom kärnkraft, med finansiering från bland annat statliga fonden VYR och kraftbolag. Programmet fokuserar på fyra forskningsområden: övergripande säkerhet och samhälle, reaktorsäkerhet och bränslecykel, avfallshantering och avveckling samt mekanisk och strukturell säkerhet. Aktuella forskningsfrågor i Finland inkluderar SMR-utveckling, säkerhet i koldioxidfria elsystem, och lokalsamhällens roll i beslutsprocesser kring slutförvar – särskilt i relation till Onkalo-projektet. Dessa frågor kopplas till perspektiv som social hållbarhet, konkurrenskraft, klimat och samspel i energisystemet.

De främsta forskningsfinansiärerna är STUK och VYR, tillsammans med Research Council of Finland och Business Finland. Forskningen bedrivs främst vid tekniska universitet och forskningsinstitut som Aalto, LUT och VTT, men även vid Helsingfors, Jyväskylä och Tammerfors universitet. SAFER2028-finansieringen sker via projektutlysningar och upp-handlingar. Kraftbolagen Fortum och TVO lyfter behov av forskning om bl.a. brandsäkerhet, AI-tillämpningar, materialutmattning, avfallsoptimering och avancerade reaktorsimuleringar. Särskild vikt läggs också vid forskning om samhällsacceptans, mänskliga faktorer, geo-politiska risker och utveckling av digitala verktyg för säkerhetsanalyser. Sammantaget framstår Finland som ett land med integrerat och tillämpningsnära forskningssystem, där industrin spelar en aktiv roll i kunskapsutvecklingen.

[35] Oxford Research (2024). Kartläggning av andra länders tekniska stödorganisationer för kärnkraft. Tillgänglig: bilaga-3-kartlaggning-av-andra-landers-tekniska-stodorganisationer-for-karnkraft-oxford-research-ab.pdf

3.3 Fallstudie 2: Frankrike

I följande kapitel presenterar vi Frankrikes nationella kärnkraftsstrategier och forsknings- och innovationsprogram för kärnkraft. Vidare redogör vi för aktuella forskningsfrågor och framtida forskningsbehov i Frankrike. Därefter presenterar vi Frankrikes största offentliga forsknings- och innovationsfinansiärerna inom kärnkraft inklusive deras finansierings-metoder. Avslutningsvis följer en sammanfattning av kapitlet.

Frankrike har en uttalad strategi för utveckling av kärnkraft. Kärnkraftsstrategin innehåller följande prioriteringar sett till forskning och innovation: utveckling av SMR och innovativa reaktorer, byggnation av EPR2-reaktorer[36], återvinning av kärnbränsle (sluten bränslecykel), samt forskning om hållbar kärnenergi och nya tekniker för fjärde generationens kärnkraft.

Sammanfattningsvis är följande forskningsfrågor särskilt aktuella i Frankrike:

- Säker och effektiv drift av befintliga reaktorer.
- Avveckling av uttjänta reaktorer och anläggningar.
- Förberedelser för nybyggnation.
- Utveckling av bränsle och avfallslösningar.

Kommande forskningsbehov inkluderar:

- Vidareutveckling av fjärde generationens reaktorer (exempelvis så kallade natriumkylda snabbreaktorer och gaskylda snabbreaktorer).
- Utveckling och demonstration av SMR och Avancerade modulära reaktorer (AMR), såsom NUWARD, en utveckling av de franska tryckvattenreaktorerna,
- Sluten bränslecykel och återvinningstekniker.
- Nya användningsområden som fjärrvärme, vätgasproduktion, syntetiska bränslen och vattenrening.

Andra forskningsspår rör klimatanpassning av kärnkraftens infrastruktur och cybersäkerhet i framtida decentraliserade system.

Flera offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer finansierar kärnkraftsrelaterad forskning i Frankrike. De största finansiärerna är CEA, Agence nationale de la recherche (ANR), Bpifrance, Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) och ASNR. De vanligaste finansieringsmetoderna är direkta anslag till forskningsmyndigheter och riktade satsningar inom olika forskningsområden som exempelvis renoveringen av kärnkraftsflottan. Öppna utlysningar förekommer i mindre omfattning.

3.3.1 Nationell kärnkraftsstrategi

Den franska nationella planen för hantering av radioaktivt material och avfall innehåller den franska strategin för hantering av radioaktivt material och avfall.

Frankrike har en uttalad strategi för utveckling av kärnkraft som regleras genom lagen om klimatenergi (LEC) och lagen om energiomställning för grön tillväxt (LTECV). Den franska klimat- och energistrategin formaliseras genom två kompletterande dokument:

- den fleråriga energiplanen (PPE) 2019–2028, samt
- den nationella strategin för låga koldioxidutsläpp (SNBC)

[36] Tredje generationens tryckvattenreaktor

Strategin är föremål för regelbunden översyn. PPE 2024–2033 är under utarbetande och ska presenteras av franska staten i slutet av sommaren 2025.[37]

Prioriterade områden för forskning och innovation enligt strategin

Frankrike har fyra huvudsakliga prioriteringsområden kopplade till de två strategierna, enligt representanten för CEA.

Det första prioriteringsområdet är forskning om livstidsförlängning, demontering och avveckling av kärntekniska anläggningar. Frankrike har en av världens största kärnkraftsflottor med 56 aktiva reaktorer, vilket innebär att både livstidsförlängning och kontrollerad avveckling är högt prioriterat. Inom området demontering och avveckling pågår utveckling av metoder som minskar mänsklig exponering och sekundärt avfall, bland annat genom användning av AI, robotik och drönarteknik.

Det andra prioriteringsområdet är bränslecykler och återvinning. Ett centralt inslag inom området bränslecykler och återvinning är produktionen av MOX-bränsle (Mixed Oxide Fuel), det vill säga en blandning av återvunnet plutonium och uran som kan användas som nytt bränsle. Det blandade bränslet minskar både behovet av importerat uran samt mängden högaktivt avfall. Parallellt pågår utveckling av nya typer av bränslen, såsom olyckstolerant bränsle och flexibelt bränsle som är bättre lämpade till följd av förnyelsebara energikällor.

Det tredje prioriteringsområdet är nya kärnenergikoncept, särskilt SMR och AMR. SMR bygger på den etablerade tredje generationens reaktorteknik med syftet att vara kostnadseffektiva, skalbara och enklare att bygga i fabriksmiljö. AMR bygger på teknik från fjärde generationens reaktorer, med förmågan att generera betydligt högre temperaturer än tredje generationens reaktorer, vilket öppnar upp för nya industriella användningsområden såsom fossilfri vätgasproduktion, syntetiska bränslen och avsaltning av havsvatten.

Den fjärde prioriteringen rör storskalig utbyggnad av fjärde generationens kärnkraftssystem på lång sikt. En viktig del i utbyggnaden av fjärde generationens kärnkraftssystem är användningen av uttjänt uran– en biprodukt från anrikningsprocesser – som bränsleresurs i framtidens reaktorer. Frankrike har redan ett lager på cirka 300 000 ton uttjänt uran, vilket enligt representanten från CEA skulle kunna försörja fjärde generationens reaktorer i flera tusen år, utan behov av ytterligare naturligt uran. Syftet med utbygganden av fjärde generationens kärnkraftssystem är inte bara att uppnå långsiktig energiförsörjning och en minska mängden avfall, utan även att stärka energisuveränitet och bidra till klimatanpassning genom ett slutet och hållbart kärnbränslesystem.

[37] News tank energies (2025) News Tank Energies – PPE: ”Le décret publié d’ici la fin de l’été 2025, après examen de la PPL Gremillet » (F. Bayrou)

3.3.2 Forsknings- och innovationsprogram inom kärnkraft

I Frankrike pågår flera forsknings- och innovationsprogram inom kärnkraft, med finansiering från flera offentliga aktörer. Ett program som respondenter lyfter fram samt förekommer i våra skriftliga källor är investeringsplanen France 2030 med medel för forskning och innovation som exempelvis universitet, företag och forskningsinstitut kan söka[38]. Investeringsplanens syfte är att stödja utvecklingen av nya typer av reaktorkonstruktioner (SMR och AMR) som kan erbjuda nya användningsområden för kärnenergi (värme, lokal energiförsörjning, väteproduktion). ANR har i uppdrag att förvalta och övervaka implementeringen av France 2030. Investeringsplanen finansieras direkt av den franska staten.

Andra forsknings- och innovationsprogram inkluderar exempelvis Grand Carénage-programmet, programmet för fjärde generationens reaktorer och CIGEO.

Grand Carénage-programmet syfte är att bidra till renoveringen av kärnkraftsflottan och samtidigt förbättra reaktorsäkerheten. Grand Carénage-programmet finansieras av EDF.[39]

Forskningsprogrammet för fjärde generationens reaktorer syftar till att utveckla fjärde generationens reaktorer. Programmet delfinansieras av Programme d'Investissements d'Avenir samt statliga subventioner.

CIGEO har som syfte att utforska geologiskt djupförvar (DGR) för det mest radioaktiva avfallet, med målet att inleda drift av slutförvarslösningar 2035. CIEGO finansieras av bidrag och lokala skatter från avfallshantering och lagring.

3.3.3 Aktuella forskningsfrågor i Frankrike

De pågående forskningsinsatserna inom kärnkraft i Frankrike är kopplade till landets energi- och klimatstrategi. Syftet med insatserna är att säkerställa säker och effektiv drift av befintliga reaktorer, avveckla uttjänta reaktorer, förbereda för nybyggnationer samt att utveckla bränsle och avfallslösningar för ett elsystem med höga krav på flexibilitet och låga utsläpp. Arbetet sker i linje med France 2030, PPE och SNBC.

I intervjuerna med respondenter för CEA och ASNR framkommer att det inte finns någon absolut gräns mellan aktuella forskningsfrågor och framtida forskningsbehov. Respondenterna framhåller att gränsen är flytande, eftersom flera forskningsområden befinner sig i ett övergångsskede och spänner över båda tidsperspektiven. Samtidigt betonar de att vissa avgränsningar ändå är möjliga att göra, inte minst utifrån teknisk mognadsgrad och tidshorisonten för industriell tillämpning. Respondenterna menar att exempelvis forskning kring livstidsförlängning, ATF-bränslen och EPR2 klassas som aktuell, medan satsningar på fjärde generationens reaktorer och sluten bränslecykel utgör långsiktiga forskningsbehov. SMR och AMR lyfts ofta fram som områden där forskning och utveckling pågår parallellt, samtidigt som tekniken ännu inte är redo för bred implementering.

[38] Permanent Mission of France to the United Nations and the International Organisations in Vienna (2021) *Nuclear power and SMR are central to the "France 2030" investment plan* Nuclear power and SMR are central to the "France 2030" investment (...) – Représentation permanente de la France auprès des Organisations Internationales et des Nations unies à Vienne

[39] EDF (2022) *EDF and Crédit Agricole CIB sign a financing agreement dedicated to the maintenance of French nuclear power plants* EDF

Säker och effektiv drift av befintliga reaktorer

Inom säker och effektiv drift av befintliga reaktorer är livstidsförlängning en prioriterad forskningsfråga. Frankrikes mål är att reaktorer som ursprungligen konstruerats för 40 års drift ska kunna användas i upp till 60 eller 80 år.[40] Forskning om åldrande i material som stål och betong är exempel på ett aktuellt perspektiv inom livstidsförlängning. Andra exempel på aktuella forskningsfrågor är termohydraulik (exempelvis vibrationer i kylsystem), interaktioner mellan vätskor och struktur och analys av kylmedelsflöden i både befintliga och framtida reaktordesigner.

Avveckling av uttjänta reaktorer och anläggningar

Målsättningen med forskning kring avveckling av uttjänta reaktorer och anläggningar är att ta fram metoder som minskar exponeringen för strålning och ökar effektiviteten i arbetet med avveckling av uttjänta reaktorer. Tekniker som drönare, fjärrstyrda robotar och AI-baserade beslutsstöd är under utveckling och testas i pilotprojekt. Säkerhetsperspektivet kring befintliga reaktorer omfattar också exempelvis forskning om termohydraulik.

Förberedelser för nybyggnation

Det bedrivs forskning kopplad till att förbereda för nybyggnation av den nya reaktortypen EPR2 samt design av SMR och AMR. Forskningen handlar bland annat om säkerhetssystem, termohydrauliska egenskaper, materialval och digitala styrsystem.

Utveckling av bränsle och avfallslösningar

Parallellt med ovannämnda aktuella forskningsfrågor bedrivs forskning för att utveckla nya typer av kärnbränsle. Det gäller dels vidareutveckling av MOX-bränsle, dels testning ATF som har högre robusthet vid störningar i kylsystemen. Det pågår också utveckling av flexibla bränslen, som ska möjliggöra snabbare effektreglering i reaktorer. Flexibla bränslen är särskilt viktiga för att ett elsystem ska kunna kompensera för variationer i produktionen från förnybara energikällor som sol- och vindkraft.

Inom området bränslecykel och avfallshantering pågår forskning med målet att förbättra återvinningsprocesser, minska mängden restavfall och öka graden av materialåteranvändning. Forskningen är kopplad till Frankrikes långsiktiga strategi för en sluten bränslecykel, med syftet att återanvänt plutonium och utarmat uran ska bidra till ökad resurseffektivitet och stärkt energisuveränitet.

Koppling till de åtta perspektiven

Forskningsbehoven kan kopplas till flera av de åtta perspektiven som kunskapssammanställningen utgår från. I tabellen nedan exemplifierar vi hur respektive forskningsfråga relaterar till kunskapssammanställningens perspektiv. Notera att exemplifieringarna inte är strikta indelningar, forskningsfrågorna kan kopplas an till flera perspektiv än de som anges nedan.

[40] RFI (2023) *France extends lifespan of 40-year-old nuclear reactor to meet energy needs* https://www.rfi.fr/en/france/20230823-france-extends-lifespan-of-40-year-old-nuclear-reactor-tricastin

Tabell 7. Aktuella forskningsfrågors koppling till de åtta perspektiven.

Forskningsfråga	Exempel på perspektiv	Motivering
Livstids-förlängning av reaktorer	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Forskning om materialåldrande och säkerhetsförbätt-ringar möjliggör längre drift, vilket stärker försörjnings-tryggheten.
	Konkurrenskraft och innovationer	Effektivare drift och fördröjt nyinvesteringsbehov stärker kärnkraftens konkurrenskraft.
Avveckling och nedmontering	Ekologisk hållbarhet och klimat	Minskad miljöbelastning genom säkrare och effektivare nedmonteringstekniker.
	Konkurrenskraft och innovationer	AI, robotik och drönare effektiviserar avveckling och bidrar till kostnadsbesparingar och teknikutveckling.
	Social hållbarhet	AI, robotik och drönare minskar risk för att personer utsätts för radioaktiv strålning.
Termohydraulik	Beredskap	Kylsystemsforskning stärker reaktorers motståndskraft vid haverier och extrema händelser.
	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Validerade simuleringsmodeller är viktiga för stabil och säker drift.
Bränslen	Marknad och flexibilitet	Möjliggör lastföljning och anpassning till varierande elproduktion från förnybara energikällor.
	Samspel i energisystemet	Flexibel reaktordrift stödjer samverkan med andra delar av energisystemet.
	Konkurrenskraft och innovationer	Utveckling av robustare och mer återanvändningsbara bränslen (MOX och ATF) stärker teknikens kommersiella värde.
	Ekologisk hållbarhet och klimat	MOX och ATF-bränslen bränslen minskar avfallsmängd och ökar resursutnyttjande.
Avfallshantering	Ekologisk hållbarhet och klimat	Avfall riskerar att kontaminera miljö i närområde. Därav har avfallshantering direkt relevans för ekologisk hållbarhet.

3.3.4 Kommande forskningsbehov i Frankrike

De kommande forskningsbehoven inom kärnkraft i Frankrike är nära kopplade till landets långsiktiga mål om klimatneutralitet, stärkt energisuveränitet och ökad industriell konkurrens-kraft. Precis som de pågående forskningsinsatserna utgår de framtida behoven i hög grad från France 2030, PPE och SNBC.

Forskningen omfattar fortsatt utveckling av SMR och fjärde generationens reaktorsystem, forskning som varierar i mognadsgrad. Exempelvis planeras den första prototypen för NUWARD, en fransk SMR-design, stå klar omkring 2030. Gaskyld snabbreaktor (GFR)-konceptet utvecklas däremot i europeiska forskningskonsortier och har längre tidshorisont.

Enligt respondenten från CEA bör de framtida forskningsbehoven förstås i ett integrerat systemperspektiv enligt vilket reaktorteknik, bränslecykel och systemintegration utvecklas i samklang. Frankrikes mål är att etablera en sluten bränslecykel genom återanvändning av exempelvis plutonium och utarmat uran. För att nå målet krävs fortsatt forskning om bränslekemi, återvinningstekniker och reaktordrift i slutna cykler.

Utöver elproduktion förväntas framtida kärnteknik bidra till fler användningsområden, exempelvis produktion av fjärrvärme, industriell processvärme, vätgas genom elektrolys, syntetiska bränslen via koldioxidinfångning, samt vattenrening och avsaltning. Vattenrening och avsaltning är särskilt relevant i södra Europa där flera länder har återkommande problem med vattenbrist, enligt en av respondenterna.

Ytterligare forskningsområden gäller kärnkraftens motståndskraft mot klimatförändringar samt cybersäkerhet i framtida decentraliserade system. Här lyfter respondenterna exempelvis fram SMR-teknikens sårbarhet. SMR kan fjärrstyras, vilket ställer höga krav på säkerhetslösningar.

Slutligen framhåller respondenterna behovet av ett fortsatt tvärvetenskapligt angreppssätt i forskning och policyutveckling. Exempelvis anlägger CEA ett horisontellt perspektiv, Technique, Économie, Environnement, Société (TEES), som beaktar teknik, ekonomi, miljö och samhällsaspekter i analyser och forskningsinsatser, särskilt vid systemnivåstudier och jämförelser av olika energiscenarier.. Enligt respondenten från CEA är det tvärvetenskapliga perspektivet ett sätt att säkerställa att framtida kärnteknik utvecklas i linje med bredare samhällsmål.

Koppling till de åtta perspektiven

Forskningsbehoven kan kopplas till flera av de åtta perspektiven som kunskapssammanställningen utgår från. I tabellen nedan exemplifierar vi hur respektive aktuell forskningsfråga relaterar till kunskapssammanställningens perspektiv. Notera att exemplifieringarna inte är strikta indelningar. Forskningsområdena kan kopplas an till flera perspektiv än de som anges nedan.

Tabell 8. Kommande forskningsbehovs koppling till de åtta perspektiven.

Forsknings-område	Exempel på perspektiv	Motivering
SMR och AMR	Kraftvärme/spillvärme	Möjliggör lokal produktion av el och värme – relevant för fjärrvärmesystem och industri.
	Samspel i energisystemet	Modularitet och skalbarhet ger större flexibilitet i energimarknaden.
	Beredskap	Fjärrstyrning och nya säkerhetslösningar kräver forskning om robusthet mot hot och störningar.
Fjärde generationens reaktorer	Ekologisk hållbarhet och klimat	Effektivare bränsleanvändning och minskat avfall ger lägre miljöavtryck.
	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Långsiktig teknik med potential för stabil och pålitlig energiförsörjning.
	Kraftvärme/spillvärme	Kan utvecklas för både el- och värmeproduktion och därmed stärka systemnyttan.
	Konkurrenskraft och innovationer	Representerar ny teknik med hög utvecklingspotential.
Sluten bränslecykel	Ekologisk hållbarhet och klimat	Minskar restavfall och ökar resurseffektivitet genom återanvändning.
	Konkurrenskraft och innovationer	Teknikutveckling inom återvinning och separations-processer stärker fransk innovationskraft.
	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Reducerar behovet av ny uranimport och stärker energisjälvförsörjning.
Cybersäkerhet och Klimatanpassning	Beredskap	Förbereder kärntekniken för att stå emot klimat-relaterade händelser och digitala hot.
	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Skydd av kritisk infrastruktur mot störningar och attacker säkerställer energitillgång.

3.3.5 Offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer inom kärnkraft

Mycket av kärnkraftsforskningen i Frankrike genomförs av myndigheter, enligt respondenterna. Offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer är alltså själva forskningsutövare.

Den statliga forskningsorganisationen CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) är en central aktör inom kärnkraftsrelaterad forskning och agerar både som forskningsutförare och FoI-finansiär. CEA avsätter cirka två tredjedelar av sin årliga budget om 450 miljoner euro till forskning om kärnkraft, bland annat forskning om reaktorteknik, bränsleutveckling, fjärde generationens system, systemintegration och digitalisering. CEA samfinansierar även projekt med universitet, uppstartsbolag och industripartner. Frankrike är även en nyckelaktör inom fusionsforskning genom värdskapet för ITER-anläggningen i Cadarache. Projektet drivs internationellt, men CEA deltar aktivt och fusion ingår som ett långsiktigt forskningsspår under France 2030.

Den franska säkerhetsmyndigheten ASNR (Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection) avsätter cirka en tredjedel av sin budget till forskning. Forskningen handlar om säkerhet, bland annat termohydraulik, stresskorrosion, programvaruvalidering, människa-maskin-gränssnitt samt metodutveckling för licensiering av nya reaktorer.

ANR fungerar som Frankrikes nationella forskningsråd och finansierar kärnkraftsrelaterad forskning genom särskilda program och riktade satsningar. Organisationen ger bland annat stöd till materialforskning, miljö- och säkerhetsstudier samt återvinningstekniker.

Bpifrance, den statliga investeringsbanken, är ansvarig för delar av implementeringen av France 2030. Inom kärnkraftsområdet finansierar Bpifrance främst teknik- och utvecklingsprojekt för små och avancerade modulära reaktorer (SMR och AMR).

Även den statliga avfallsmyndigheten ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) bedriver och finansierar forskning. Forskningen handlar om slutförvar av radioaktivt avfall, inklusive geologisk stabilitet, barriärmaterial och långsiktiga säkerhetsaspekter.

Finansiering av kärnkraftsforskning

Forskning om kärnkraft i Frankrike finansieras framför allt genom direkta anslag från staten, snarare än via öppna utlysningar, enligt respondenterna. Mycket av forskningen sker vid eller via myndigheterna. Exempelvis beslutar CEA och ASNR vilka forskningsprojekt de ska stödja, ofta genom samarbeten med universitet och företag. Det är vanligt att myndigheter och forskningsinstitut ger medel till forskning som är strategiskt viktig, snarare än att låta forskare ansöka i konkurrens.

Öppna utlysningar förekommer, men i mindre omfattning. Den nationella forskningsmyndigheten ANR använder utlysningar i vissa program, till exempel för forskning om miljö, säkerhet och material. Även Bpifrance, som ansvarar för delar av innovationsprogrammet France 2030, använder utlysningar för att stödja ny teknik, som SMR.

3.3.6 Sammanfattning av fallstudie 2: Frankrike

Frankrike har en uttalad och omfattande strategi för kärnkraftsutveckling, med tydliga forsknings- och innovationsmål som omfattar små och avancerade modulära reaktorer (SMR/AMR), livstidsförlängning av befintliga reaktorer samt återvinning av bränsle (sluten bränslecykel). Dessa frågor behandlas i politiska styrdokument såsom PPE, SNBC och

France 2030, och svarar mot perspektiv som ekologisk hållbarhet, försörjningstrygghet, innovation och samspel i energisystemet. Pågående forskning i Frankrike fokuserar på säker drift, avvecklingstekniker, EPR2-utbyggnad, och utveckling av ATF- och MOX-bränslen. Kommande behov inkluderar forskning om GFR-teknik, klimatanpassning, cybersäkerhet i decentraliserade system och nya användningsområden för kärnkraft, såsom vätgasproduktion och vattenrening.

Forskningen i Frankrike är huvudsakligen offentligt finansierad genom institutioner som CEA, ANR, ASNR, Bpifrance och ANDRA, Finansieringen sker ofta genom direkta statliga anslag snarare än öppna utlysningar. CEA är en aktör viktig både som finansiär och forskningsutförare, och täcker stora delar av kärnkraftens livscykel, från bränslecykler till systemintegration. Bpifrance finansierar teknikutveckling inom SMR/AMR medan ANDRA fokuserar på forskning om geologisk slutförvaring. Forskningen bedrivs tvärvetenskapligt, där experter från olika områden samarbetar och väger in tekniska, ekonomiska och samhälleliga aspekter för att säkerställa en hållbar kärnkraftspolitik med brett stöd hos allmänheten. Sammantaget är Frankrike en globalt ledande aktör i utvecklingen av framtidens kärnkraft.

3.4 Fallstudie 3: Storbritannien

I följande kapitel presenterar vi Storbritanniens nationella kärnkraftsstrategi samt forsknings- och innovationsprogram för kärnkraft. Vidare beskriver vi aktuella forskningsfrågor och framtida forskningsbehov i Storbritannien. Därefter presenterar vi Storbritanniens största offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer inom kärnkraft inklusive dessas finansieringsmetoder. Kapitlet avslutas med en sammanfattning.

Storbritannien har en uttalad kärnkraftsstrategi: *Civil nuclear: roadmap to 2050.* I strategin pekar regeringen ut en rad utvecklingsområden och satsningar på kärnkraft, bland annat:

- SMR,
- AMR,
- Demonstration av högtemperatur-gasreaktorer (HTGR),
- Livstidsförlängning av befintliga reaktorer,
- Effektiva och säkrare bränslen (materialhantering, avfallshantering och hantering av använt bränsle).

Sammanfattningsvis är följande forskningsfrågor särskilt aktuella:

- Nya reaktorer, det vill säga AMR samt SMR.
- Nya användningsområden för kärnkraft, framför allt värme från AMR och SMR.
- AI användning för att öka säkerhet, exempelvis hur AI kan användas för att ta fram safety cases[41], eller hur AI kan nyttjas för att utveckla system för avveckling av befintlig kärnkraft.
- Avancerade gaskylda reaktorer (AGR), och användning av grafit i AGR.
- Hållbarhet från flera perspektiv.

[41] Dvs. säkerhetsunderlag för avveckling av befintlig kärnkraft.

Kommande forskningsbehov inkluderar:

- Hur ska AMR användas för samproduktion (engelska: *Co-generation (Combined heat and power))*. Forskningen behöver identifiera vilka tillämpningar som är möjliga inom AMR.
- AMR:s bidrag till vätgasproduktion, på teknisk, ekonomisk och systemnivå.
- Energiomställning och systemintegration, det vill säga hur kärnkraften tekniskt, ekonomiskt och operativt passar in i det framtida energisystemet.
- Materialbeteenden i extrema miljöer, framför allt uran och plutoniummaterial.
- AI-användning i kärnkraftssektorn, exempelvis utveckling och anpassning av tekniken som gör den möjlig att använda för reglering och licensiering av reaktordesign. AI:s möjligheter att optimera reaktordesign och snabbt identifiera olika olycksscenarier pekas också ut som viktiga forskningsspår av respondenterna.

Det är framför allt offentliga aktörer som finansierar forskning och innovation av kärnkraft i Storbritannien. Aktörerna finansierar forskning framför allt genom utlysningar och anbudsförfrågningar.

3.4.1 Nationell kärnkraftsstrategi

Storbritanniens kärnkraftsstrategi – *Civil nuclear: roadmap to 2050,* publicerades år 2024 och innehåller regeringens långsiktiga vision för att expandera den civila kärnkraftssektorn, med målet att öka kärnkraftskapaciteten från cirka 6 GW till upp till 24 GW fram till 2050[42]. I strategin pekar regeringen ut följande områden som viktiga för kärnkraftsutvecklingen i Storbritannien:

- Avancerad kärnteknik, AMR och SMR.
- Förlängning av reaktoranläggningars livslängd.
- Effektiva och säkrare bränslen (materialhantering, avfallshantering och hantering av använt bränsle).
- Demonstration av HTGR planeras till 2030-talet som en del av utvecklingen av avancerade modulära reaktorer (AMR).[43]

Regeringen anser att kärnkraft är en strategisk viktig energikälla för att nå målen om koldioxid-neutralitet till 2050. Kärnkraftsstrategin har därför betydelse för den nationella strategin för koldioxidneutralitet, *Net Zero Strategy: Build Back Greener,* som publicerades år 2021 och innehåller strategier och förslag för att minska koldioxidutsläppen i alla sektorer i Storbritannien. Inom ramen för strategin för koldioxidneutralitet etablerade regeringen en ny fond för forskning om kärnkraft (Nucelar Enabling Fund) som omfattar 120 miljoner pund för att ge riktat stöd till forskning för att undanröja hinder för etablering av framtida kärnkraft[44].

Kärnkraftstrategin omfattar all form av kärnteknik, från SMR och AMR till storskalig kärnkraft, samt hur kärnkraft utgör en del av Storbritanniens energimix som komplement till intermittenta tekniker som vind- och solkraft.

[42] *Civil nuclear: roadmap to 2050*. Tillgänglig Biggest expansion of nuclear power for 70 years to create jobs, reduce bills and strengthen Britain's energy security – GOV.UK.

[43] *Civil nuclear: roadmap to 2050*. Tillgänglig: Biggest expansion of nuclear power for 70 years to create jobs, reduce bills and strengthen Britain's energy security – GOV.UK

[44] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022 sid 10

Strategin regleras genom lagen om energi (Energy Act) från 2023, som ska bidra till att regeringen kan förverkliga sina ambitioner för kärnkraft i *Civil nuclear: roadmap to 2050*. Lagen innebär:

- Att regeringen har verktyg för att genomföra nödvändiga reformer,
- Att rollerna för viktiga institutioner fastställs (särskilt Great British Nuclear – ett statligt ägt kärnenergi- och bränslebolag),
- Reglerar vem som har befogenhet att dela ut pengar och införa lagstiftning/regleringar,
- Att regeringen har verktyg som undanröjer hinder för investeringar i kärnenergi[45].

Vidare möjliggör lagen insatser för att minska koldioxidutsläppen i Storbritanniens energisystem, öka systemets motståndskraft och stödja klimatåtaganden – vilket kärnkraftsstrategin utgör en del i.

Den brittiska regeringens övergripande energipolitiska mål är att säkerställa trygg, prisvärd och ren energiförsörjning, i överensstämmelse med målet om koldioxidneutralitet 2050.

Prioriterade områden för forskning och innovation enligt strategin

Regeringen pekar inte ut några specifika forskningsfrågor i strategin som är prioriterade inom kärnkraftsforskningen. Det finns inte heller någon innovationsstrategi med specifika prioriteringar för kärnkraftsforskning i Storbritannien. Kärnkraftsstrategin utgör snarare en vision, vilket beror på att forskning finansieras ad hoc, enligt respondenterna. En förklaring till finansieringsmönstret kan vara att inget departement ensamt har ansvar för kärnkraftsfrågor. Ansvaret är istället delat mellan departement under regeringen, associerade organisationer och kommersiella organisationer. Vilka områden som är viktiga för kärnkraftsutvecklingen i Storbritannien anges ovan.

3.4.2 Forsknings- och innovationsprogram inom kärnkraft

Vår kartläggning visar att det framför allt finns två aktuella forsknings- och innovationsprogram för kärnkraft i Storbritannien Program för forskning, utveckling och demonstration (RD&D) av avancerade modulära reaktorer (AMR) samt Decommissioning clean up programme.

Program för forskning, utveckling och demonstration av avancerade modulära reaktorer (AMR)

RD&D AMR lanserades i april 2022 av departementet för näringsliv, energi och industriell strategi (BEIS). Programmet syfte är att möjliggöra en AMR-demonstration senast i början av 2030-talet[46]. Därav görs investeringar i forskning och utveckling för att driftsätta en AMR-gasreaktor för hög temperatur i demonstrationsenhet[47]. Programmet genomförs i tre faser:

- Fas 1, som avslutades 2023, handlade om reaktorutveckling. Detta genom pre-FEED-studier (front-end engineering design) för utveckling av avancerade modulära HTGR-

[45] Energy act (2023) Energy Act 2023; Department for Business, Energy and Industrial Strategy. (2023). *Explanatory notes to the Energy Act 2023* (c. 52). https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2023/52/notes/division/2/index.htm

[46] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022.

[47] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022.

tekniker samt bränslefrågor. Bränslefrågor som stod i fokus i fas ett var uranbränslen för AMR, specifikt belagda partikelbränslen (CPF) och smältsaltbränslen (MSF).[48]

- Fas 2, som avslutas under 2025, fokuserar på FEED av HTGR-tekniker i enlighet med slutanvändarnas krav och marknadsbehov. Målet är att utveckla teknikerna så att de kan granskas av myndigheten under 2025. [49]
- Fas 3, kommer att genomföras i samband med att regeringen presenterar nästa plan för statliga utgifter (spending review). Syftet med fasen är att utveckla detaljerad platsspecifik design, tillstånd och licensiering samt konstruktion, driftsättning och initial drift av en HTGR-demonstrationsanläggning.[50]

Decommissioning clean up programme

Decommissioning clean up programme, är ett samlingsnamn för Storbritanniens samlade arbete med långsiktiga avvecklingsprocesser. Programmet understöds av kontinuerlig forskning och innovation för att hantera komplexa tekniska och miljömässiga utmaningar med kärnavfall. Myndigheten Nuclear Decommissioning Authority (NDA) har övergripande ansvar för avvecklingsprocesser och är ett resultat av energilagen från 2004. NDA:s uppdrag från regeringen är att främja och, vid behov, genomföra forskning till stöd för avveckling och sanering. NDA finansierar forskning som fokuserar på avveckling och sanering av befintliga kärntekniska anläggningar. NDA finansierar även enskilda FoU projekt för att adressera specifika frågor kopplade till enskilda anläggningar.[51]

Integrated Waste Management Programme (IWMP)

NDA och NWS (Nuclear Waste services) driver tillsammans Integrated Waste Management Programme (IWMP). NWS Är en organisation under NDA som syftar till att finansiera och initiera forskning för att möjliggöra optimal och hållbara avfallshantering för allt radioaktivt avfall. IWMP syftar till att säkerställa att både radioaktivt och icke-radioaktivt avfall hanteras på ett mer samordnat, effektivt och värdeskapande sätt genom hela avfallshanteringens livscykel – från att avfallet uppstår till dess slutliga förvaring. Detta gör programmet genom att omvandla, inkubera och utveckla nya avfallshanteringskapaciteter, samt att utveckla och implementera relevanta nationella strategier och NDA-strategier för integrerad avfalls-hantering[52].

Nuclear Innovation programme

Fram till år 2021 fanns även Nuclear Innovation programme, som började år 2016. Programmet bestod av flera delprogram, bland annat om

1. Advanced Fuels,
2. Advanced Manufacturing & Materials,

[48] UK Department for Energy Security and Net Zero. (2024). *AMR RD&D Phase A: Post-closure summary*. AMR RD&D Phase A: Post-closure summary – GOV.UK.

[49] UK Department for Energy Security and Net Zero. (2023). *Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme: Phase B competition*. Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme: Phase B competition (closed to applications) – GOV.UK.

[50] UK Department for Energy Security and Net Zero. (2024). *AMR RD&D Phase A: Post-closure summary*. AMR RD&D Phase A: Post-closure summary – GOV.UK.

[51] Nuclear Decommissioning Authority. (2021). *Nuclear Decommissioning Authority Strategy: Effective from March 2021*. Nuclear Decommissioning Authority Strategy effective from March 2021 – GOV.UK.

[52] UK GOV (2022). Integrated waste management programme. Integrated Waste Management Programme – GOV.UK.

3. Fuel Recycling & Reprocessing,
4. Advanced Reactor Design and Regulation,
5. Strategic Toolkits & Facilities,
6. Advanced Modular Reactors (AMR),
7. Decommissioning & Robotics
8. Thermal Hydraulics Facility.[53]

3.4.3 Aktuella forskningsfrågor i Storbritannien

I detta avsnitt redogör vi för aktuella forskningsfrågor i Storbritannien baserat på våra dokument- och intervjustudier. Syftet med den pågående kärnkraftsforskningen i Storbritannien är att nå målen om koldioxidneutralitet till 2050. Tidigare har mycket brittisk forskning handlat om stora reaktorer, särskilt lättvattenreaktorer, men i dag ägnar sig brittiska forskare mer åt nya tekniker och reaktorkoncept. Syftet med forskningen är att utveckla tekniker för nya reaktorer, utveckla bränsle, ta fram information om hur bränsle och material beter sig i nya miljöer, få mer information om kärnkraft från olika hållbarhetsperspektiv samt minska utsläppen. Forskningens syfte stämmer överens med de nationella målen om trygg, prisvärd och ren energiförsörjning.

Nya reaktorer och nya tekniker

Det första prioriterade forskningsområdet handlar om nya reaktorer, det vill säga avancerande modulära reaktorer (AMR) och SMR. Det framgår både av våra dokumentstudier och intervjuer med representanter från Dalton Nuclear Institute.

Forskningen om AMR handlar om att utveckla och testa nya koncept för den här typen av reaktorer, något som ligger i linje med prioriteringarna i RD&D AMR[54]. Specifikt handlar forskningen om material i reaktorer samt test och utvärdering av bränslecykler, vilket ligger i linje med första fasen av RD&D AMR, specifikt bränslefrågor och uranbränslen för AMR, exempelvis CPF och MSF[55]. Enligt respondenterna är syftet med forskningen även att lösa utmaningar på en större samhällelig skala, exempelvis genom analyser av hur AMR kan generera värme till industriföretag, särskilt för företag med behov av processvärme med höga temperaturer. Det relaterar till den andra fasen av programmet som fokuserar på FEED av HTGR-tekniker som möter slutanvändarnas krav och marknadsbehov. Utöver det är material till AMR, särskilt till smältsaltreaktorer viktigt. Utvecklingen av smältsaltrektorer inkluderar exempelvis strålningsresistens, eller hur flytande bränsle påverkar kemisk nedbrytning i reaktorsystemen.

Forskningen om SMR handlar i sin tur om tredje generationens vattenkylda reaktorer, exempelvis befintliga reaktorer i kärnkraftverk som utvecklas i mindre skala[56]. Det är viktigt, enligt respondenterna, att forskningen bidrar till tekniska lösningar för att utveckla och tillverka SMR.

---

[53] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022 sid 28

[54] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022.

[55] UK Department for Energy Security and Net Zero. (2024). *AMR RD&D Phase A: Post-closure summary*. AMR RD&D Phase A: Post-closure summary – GOV.UK.

[56] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022.

Nya användningsområden för kärnkraft

En annan aktuell forskningsfråga är utvecklingen av AMR och SMR kopplat till kraftvärme/spillvärme. Detta framgår som en prioritering både baserat på intervjuer med representanter från Dalton Nuclear institute och dokumentstudierna. Forskningen handlar om huruvida nya reaktorer av typen AMR och SMR kan generera värme, något som skulle bidra till mer utsläppsfri energi och avkarbonisera en stor del av energimixen. Detta berör forskningsområden som:

- **Material**, det vill säga vilka material som kan användas vid utvecklingen av HTGR-tekniker
- **Digital ekonomi**, det vill säga att undersöka hur AI och digitala tvillingar används inom design, säkerhetsanalys, optimering vid utveckling av användning av kraftvärme/spillvärme från SMR och AMR.
- **Cirkulär ekonomi**, det vill säga undersöka potential att återanvända material och bränslecykler för att skapa mer resurseffektiva reaktorsystem.
- **Nätstabilitet**, det vill säga att undersöka hur elnätet kan avlastas genom decentraliserad och flexibel kraftvärmeproduktion, samt att utveckla potential för SMR och AMR att bidra med planerbara generatorer, särskilt i framtida elnät med en hög andel förnybar energi.

Områdena går i linje med de insatser som regeringen lanserat inom ramen för EN-7 (National Policy Statement for Nuclear Energy Generation EN-7)[57]. EN-7 vidgar möjligheterna för utvecklare av kärnkraftsanläggningar att välja plats för nybyggnation av AMR och SMR. Möjligheten för utvecklare av AMR och SMR att välja platsen där de bygger reaktorerna anges i den nationella kärnkraftsstrategin som en faktor som påverkar antalet användningsområden för avancerad kärnteknik, såsom potentialen för SMR eller AMR att tillhandahålla högtemperaturvärme för att bidra till att minska industrins koldioxidutsläpp[58].

AI användning för att öka säkerhet

Det tredje forskningsområdet handlar om att undersöka hur AI kan användas vid kärnkraftsutveckling, exempelvis om AI kan användas för att ta fram safety cases[59], eller hur AI kan nyttjas för att utveckla system för avveckling av befintlig kärnkraft. Tillämpning av AI är något som undersöks bland annat genom satsningen *AI4Nuclear* vid Nuclear Institute som undersöker flera av dessa frågor samt andra AI-relaterade frågor kopplat till kärnkraftsutveckling. Syftet med *AI4Nuclear* är att hjälpa kärnkraftsproducenter som vill börja använda AI att anpassa sig till den nationella AI-strategin och möta utmaningar kopplade till ökad säkerhet och minskade utgifter under kärnkraftsanläggningarnas livscykel[60].

Avancerade gaskylda reaktorer (AGR)

Det fjärde aktuella forskningsområdet gäller AGR och användning av grafit i AGR. Området inkluderar flera forskningsområden som är särskilt viktiga för kärnkraft i Storbritannien, där många reaktorer är av AGR-typ. Studier av grafit kan bidra till att förlänga drifttiden för AGR eftersom grafitmaterial förändras av strålning, värme och mekanisk belastning.

---

[57] Department for Energy Security & Net Zero. (2025). *National Policy Statement for Nuclear Energy Generation EN-7*. EN-7 National Policy Statement for nuclear energy generation.

[58] *Civil nuclear: roadmap to 2050*. Tillgänglig: Biggest expansion of nuclear power for 70 years to create jobs, reduce bills and strengthen Britain's energy security – GOV.UK.

[59] Dvs. säkerhetsunderlag för avveckling av befintlig kärnkraft.

[60] Nuclear Institute. (2025). *Digital Special Interest Group (Digital SIG)*. https://nuclearinst.com/Digital-SIG.

Forskningsområdet berör också avveckling av AGR och utmaningar med materialen som kan uppstå vid avveckling, i synnerhet grafit. Om grafiten försämrats kan det innebära säkerhetsrisker under rivning. Forskningsfrågan kopplar an till Decommissioning clean up programme, eftersom forskning om grafitens livslängd, degradering och säkerhetsrisker vid avveckling är avgörande för att säkert och effektivt planera och genomföra sanering av befintliga kärntekniska anläggningar.

Hållbarhet från flera perspektiv

Det femte forskningsområdet handlar om hållbarhet med koppling till kärnkraftsutveckling. Forskningen om hållbarhet bedrivs från flera olika perspektiv:

- **Social hållbarhet kopplat till samhällets acceptans och tillstånd.** Denna forskning inkluderar alla former av medborgares acceptans för kärnkraft samt förståelse för människans beteende och den bakomliggande psykologin för acceptans.
- **Social hållbarhet, forskning med fokus på att mäta ESG** (Environmental, Social, and Governance) i förhållande till kärnkraftsutveckling. Ökad statlig finansiering av kärnkraft ställer krav på att industri och stat att stödja sociala värden (det vill säga hur verksamheten påverkar människor och samhälle), varför det finns ett behov av att mäta ESG i organisationer som är involverade i kärnkraftsutvecklingen.
- **Social och ekonomisk hållbarhet för kärnkraft i förhållande till andra tekniker för energiproduktion.** Detta handlar om att mäta och jämföra energikällors hållbarhet på lång sikt. Exempelvis kärnkraftens hållbarhet i förhållande till nya vindkraftparker och havsbaserad vindkraft.
- **Social och ekonomisk hållbarhet och kärnkraftens inverkan på dessa i lokala samhällen.** Det bedrivs forskning om hur man bäst mäter sociala värden och ekonomiska effekter av kärnkraft i lokala samhällen, exempelvis genom att mäta effekter av nybyggnationer på nya platser. Det inkluderar även att undersöka hur det går att göra mätningarna konsekvent, det vill säga att mätningarna görs på samma sätt.

Det finns inte någon direkt koppling till ovanstående områden i *Civil nuclear: roadmap to 2050*, men det finns exempel på initiativ som genomförts för att öka social hållbarhet. Våra dokumentstudier visar att BEIS, med stöd från UK Research and Innovations Science wise-program, genomfört en offentlig dialog för att utforska medborgares attityder till ANT. Syftet med den offentliga dialogen var att undersöka hur allmänheten och intressenter ser på framtida placering och utbyggnad av ANT, samt att diskutera vilken roll ANT kan spela för att nå målet om koldioxidneutralitet. Dialogens syfte var också att låta deltagarna uttrycka sina åsikter om möjliga användningsområden utanför elnätet, exempelvis produktion av vätgas eller värme till industriella processer. Detta indikerar att det finns en medvetenhet om att beslutsfattare behöver bättre underlag genom att integrera allmänhetens perspektiv i policyutveckling och implementering av avancerad kärnteknik.

Koppling till de åtta perspektiven

Forskningsbehoven kan kopplas till flera av de åtta perspektiven som kunskapssammanställningen utgår från. I tabellen nedan har vi exemplifierat vilken forskning som vi anser går att koppla till perspektiven, samt varför. Notera att exemplifieringarna inte är strikta indelningar. Forskningsfrågorna kan kopplas an till flera perspektiv.

Tabell 9. Aktuella forskningsfrågors koppling till de åtta perspektiven.

Forskningsfrågor	Exempel på perspektiv	Motivering
Nya reaktorer och nya tekniker	Ekologisk hållbarhet och klimat	Forskning om material och bränslecykler i AMR och SMR kan bidra till minskad miljöbelastning genom säkrare och effektivare hantering av toxiska ämnen och material.
	Konkurrenskraft och innovationer	Forskning om nya reaktorer och tekniker för utveckling av AMR och SMR kan bidra till ökad konkurrenskraft och innovationer genom stärkt akademi och näringsliv och en ökad kompetensbas i landet.
Nya användnings-områden för kärnkraft	Konkurrenskraft och innovationer	Forskning om nya användningsområden för kärn-kraften möjliggör utveckling av nya behovsdriva tjänster och innovationer.
	Kraftvärme/spillvärme	Forskning om nya användningsområden för kärn-kraften specifikt Kraftvärme/spillvärme från AMR möjliggör teknisk integration och optimering.
	Samspel i energisystemet	Forskning om nya användningsområden för kärn-kraften specifikt kraftvärme/spillvärme möjliggör ett mer efterfrågedrivet energisystem som grundas på samspel mellan industri och kraftvärme/spillvärme. Forskningen kan på sikt lösa utmaningar på en större samhällelig skala ex. industrins behov av värme vilket också möjliggör ett mer efterfrågedrivet energisystem.
AI användning för att öka säkerhet	Beredskap	Forskning om användning av AI för att produktionen av safety cases, stärker reaktorers motståndskraft vid haverier och extrema händelser.
	Flexibilitet	Forskning om användning av AI för utvecklingen av kärnkraft och säkerhetsaspekter säkerställer ett mer flexibelt system som grundas på digital transformation och IT säkerhet.
Livstidsförlängning och säker avveckling kopplat till avancerade gaskylda reaktorer (AGR)	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Forskning om materialåldrande och säkerhets-förbättringar möjliggör längre drift, vilket stärker försörjningstryggheten av AGR.
	Beredskap	Forskning om materialåldrande och säkerhets-förbättringar möjliggör säker avveckling av AGR.
Hållbarhet från flera perspektiv	Social hållbarhet och inkludering	Forskning om samhällets acceptans och tillstånd, ESG, och kärnkraftens inverkan på lokala samhällen säkerställer en inkluderade omställning och ökar etik och rättvisa vid nybyggnationer.
	Ekologisk hållbarhet och klimat	Forskning som jämför kärnkrafts sociala och ekonomisk hållbarhet för i förhållande till andra tekniker för energiproduktion säkerställer en minskad miljöpåverkan och ökad miljönytta.

3.4.4 Kommande forskningsbehov i Storbritannien

De kommande behoven av kärnkraftsforskning i Storbritannien är nära kopplade till landets långsiktiga mål om koldioxidneutralitet, energisuveränitet och en resurseffektiv ekonomi. Precis som pågående forskning utgår framtida forskningsbehov från *Civil nuclear: roadmap to 2050* och AMR RD&D. Forskningsbehoven handlar om att lösa framtida samhällsutmaningar som att göra energimixen utsläppsfri, utröna vilka tekniker som är möjliga att utveckla samt optimera användning av kärnkraft.

AMR användning för Co-generation

Enligt de respondenter vi talat med är en viktig framtida fråga vad AMR ska användas till utöver som en energikälla för elproduktion. Forskningen behöver identifiera vilka tillämpningar som är möjliga med AMR och om dessa motsvarar marknadens behov. Det vill säga potentiell värmeproduktion måste tydliggöras och klargöras för att kunna anpassa designen av framtidens reaktorer. Kopplat till detta behöver forskningen också undersöka vad ökade temperaturer innebär för tekniska utmaningar och materialproblem i AMR, det är något som inte etablerats idag.

AMR ett bidrag till vätgasproduktion

Vätgasproduktion kopplad till kärnkraft är ett framträdande område inom kärnkraftsforskning generellt. I Storbritannien är behoven specifikt kopplade till AMR. Det finns behov av teknisk forskning som utvecklar driftklara AMR och forskning som säkerställer att AMR möter marknadsbehov (ex. en viss temperatur). Utöver detta finns det behov av tvärvetenskaplig forskning som undersöker hur AMR kan bidra till nya hållbara transportbränslen. Området berör frågor på teknisk, ekonomisk och systemnivå.

- På den tekniska sidan behöver forskningen säkerställa vilken temperatur och tryck som krävs för olika vätgasproduktionsmetoder. Det innefattar vad som är tekniskt möjligt, och vilken materialsäkerhet och livslängd som krävs i miljöer med höga temperaturer.
- Vad gäller ekonomifrågor behöver forskningen exempelvis säkerställa vad produktionskostnaden per kg vätgas med kärnkraft är i jämförelse med andra alternativ.
- På systemnivå handlar det om att fastställa hur vätgasproduktion kan integreras i elnätet, industrisektorn, och transportsektorn. Utöver det behöver forskningen även undersöka vilka lagringslösningar som behövs och hur de påverkar kärnkraftens driftcykler.

Energiomställning och systemintegration

Detta forskningsområde handlar om hur kärnkraften tekniskt, ekonomiskt och operativt passar in i det framtida energisystemet, som blir alltmer komplext och beroende av förnybara energikällor. Framtidens forskning behöver lösa energilagringsfrågor i Storbritannien. Det handlar om att etablera vilken funktion ska kärnkraft ha i ett elsystem med mycket vind/sol. Det inkluderar även frågor om kärnkraftens utveckling (att bidra med både el och processvärme) och hur det påverkar elbalansen i nätet, framtida systemplanering, och kompabilitet med befintlig infrastruktur. Därtill behöver forskningen etablera hur mycket flexibilitet måste kärnkraften ha, och vad är tekniskt möjligt?

Materials beteenden i extrema miljöer

Materials beteenden i extrema miljöer är ett fortsatt kritiskt område för både fission och fusion. Materialforskningen handlar både om säkerhet, livslängd och effektivitet i bränsleanvändning. Forskningen behöver kontinuerligt undersöka kärnbränslens (uran med flera) beteende och prestanda genom hela cykeln. Vid lång drift och slutförvaring är det viktigt att förstå hur uran och dess sönderfallsprodukter beter sig, eftersom de påverkar både säkerhet och livslängd för anläggningar. Materialforskningen behöver i framtiden även undersöka hur aktinider beter sig under lång drift och slutförvar. Storbritannien har ett betydande lager av plutoniummaterial som måste immobiliseras och slutförvaras i enlighet med den senaste regeringspolitiken. Plutonium är särskilt långlivat och radioaktivt, och kräver därför särskilda åtgärder för slutförvaring eller immobilisering. Det kommer att krävas betydande forskning under de kommande decennierna för att uppnå detta.

Artificiell Intelligens (AI) i kärnkraftssektorn

Precis som aktuella forskningsbehov identifieras AI bland kommande behov. Det handlar om att utveckla tekniken ett steg längre. Detta för att kunna tillämpa den vid reglering och licensiering av reaktordesign. Kopplat till det finns det ett övergripande behov av att undersöka om AI-system kan bli tillräckligt robusta och tillförlitliga för att användas i reglering och licensiering av reaktordesign. AI:s möjligheter att optimera reaktordesign och snabbt identifiera olika olycksscenarier pekas också ut som viktiga forskningsspår. För att detta ska bli möjligt krävs tvärvetenskaplig forskning som kombinerar teknik för exempelvis AMR med säkerhet.

Koppling till de åtta perspektiven

Forskningsbehoven kan kopplas till flera av de åtta perspektiven som kunskapssammanställningen utgår från. I tabellen nedan har vi exemplifierat vilken forskning som vi anser går att koppla till perspektiven, samt varför. Notera att exemplifieringarna inte är strikta indelningar. Forskningsområdena kan kopplas an till flera perspektiv.

Tabell 10. Forskningsbehovens koppling till de åtta perspektiven.

Forskningsområde	Exempel på perspektiv	Motivering
Hur ska AMR användas för samproduktion?	Kraftvärme/ spillvärme	Forskning om tekniska förutsättningar och temperaturer, systemintegration och optimering samt nya användningsområden för restvärme (ex vid framställan av hållbara bränslen) bidrar till teknisk integration och optimering av kärnkraft, utbyggnad av infrastruktur och nya användningsområden för restvärme.
	Konkurrenskraft och innovationer	Forskning om tekniska förutsättningar och temperaturer, systemintegration och optimering samt nya användningsområden för restvärme (ex vid framställan av hållbara bränslen) till ökad konkurrenskraft och innovationer genom stärkt akademi och näringsliv och en ökad kompetensbas i landet.
AMR bidrag till vätgasproduktion	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Forskning om AMR:s bidrag till vätgasproduktion och hur det påverkar elnätsbalans, elförsörjning och systemdrift bidrar till trygg energiförsörjning, mer effektiv lagring och infrastruktur.
	Ekologisk hållbarhet och klimat	Forskning som i framtiden fokuserar på att fastställa och jämföra miljönytta för kärnkraft med andra produktionsmetoder bidrar till minskad miljöpåverkan och ökad miljönytta.
	Marknad och flexibilitet	Forskning om ekonomiska frågor som kostnader för vätgasproduktion, investeringsbehov, och integration i marknaden bidrar till ökad kapacitet och effekt i elsystemet.
Energiomställning och systemintegration	Samspel i energisystemet	Forskning om användning av och kärnkraftens roll i framtidens energisystem exempelvis genom integration i elsystem med mycket vind/sol, systemplanering och flexibilitet, scenarier för hur kärnkraft passar in i olika sektorer (industri, transport). Bidrar till snabb utbyggnad som möter samhällets behov av el, Efterfrågeflexibilitet och samspel i energisystemet.
Materials beteenden i extrema miljöer	Infrastruktur och försörjningstrygghet	Forskning om materialval påverkar direkt livslängd och säkerhet för komponenter i lagringssystem och energibärare under höga temperaturer och tryck.
Artificiell Intelligens (AI) i kärnkraftssektorn	Beredskap	Forskning på att utveckla reglering, licensiering och olycksscenarier med hjälp av AI ökar beredskap vid olyckor.
	Konkurrenskraft och innovationer	Forskning om optimering av reaktordesign med hjälp av AI kommer att bidra till nya behovsdrivna tjänster och andra innovationer, utvecklingen i sig utgör även möjlighet för att etablera nya testmiljöer för affärsmodeller och tekniker

3.4.5 Offentliga forsknings- och innovationsfinansiärer inom kärnkraft

Den offentliga sektorn och står för huvuddelen av finansieringen av civil kärnkraftsforskning och -utveckling. Dessa offentliga medel kanaliseras via flera olika aktörer, såsom NDA (Nuclear Decommissioning Authority), Research Councils UK, Innovate UK samt genom direktfinansiering från olika regeringsdepartement exempelvis departementet för näringsliv, energi och industriell strategi.

Det innebär att det skiljer sig åt varifrån medel för forskning utlyses. De representanter vi intervjuat från Dalton Nuclear Institute menar att det är en fördel eftersom det ger Storbritannien flexibilitet och smidighet att gå vidare med nya idéer.

Finansiering av kärnkraftsforskning

Storbritannien satsar på kärnkraftsforskning genom flera samverkande finansieringsprogram som stödjer utveckling av avancerad teknik och stärker energisäkerheten. Medel fördelas via utlysningar och anbudsförfrågningar till både kommersiella och industriella aktörer, samt till akademin. Satsningarna är centrala delar i landets strategi för att nå nettonollutsläpp till 2050

Medel fördelas genom både utlysningar och anbudsförfrågningar. Vad gäller anbudsförfrågningar kan de komma från kommersiella organisationer eller stora industriella organisationer.

Det finns en rad samverkande finansieringsinstrument för kärnkraftsforskning i Storbritannien. Alla ligger under strategierna för att stärka Storbritanniens energisäkerhet, minska koldioxidutsläpp och främja teknikutveckling inom kärnkraft (kärnkraftsstrategin och i längden målet om att nå netto noll utsläpp 2050). Nedan förklaras hur de olika finansieringsprogrammen och fonderna samverkar.

Net Zero Innovation Portfolio (£1 miljard)

Detta är ett övergripande innovationsprogram som finansierar utveckling och kommersialisering av låga koldioxidteknologier, inklusive avancerad kärnkraftsteknik, för att stödja Storbritanniens mål om nettonollutsläpp. Portföljen omfattar flera fokusområden, däribland AMR och SMR, och fungerar som paraply för mer riktade satsningar som Advanced Nuclear Fund[61]. Portföljen löpte mellan april 2021 och mars 2025 och finansierade koldioxidsnåla tekniker och system för totalt £1 miljard. Det finns inga formella beslut om att förlänga eller ersätta programmet per 4 juli 2025, men det finns offentlig och sektoriell opinionsbildning för förnyelse eller ersättning av NZIP[62].

Advanced Nuclear Fund (£385 miljoner)

Advanced Nuclear Fund är en del av Net Zero Innovation Portfolio och riktar sig till utveckling av nästa generations kärnkraftsteknik, särskilt SMR och AMR. Den inkluderar investeringar om £210 miljoner till SMR-utveckling, samt upp till £170 miljoner till AMR-program (AMR RD&D) för att demonstrera avancerade reaktorer under 2030-talet.[63]

[61] UK Government. (u.å.). *Net Zero Innovation Portfolio*. Gov.uk. Net Zero Innovation Portfolio – GOV.UK.

[62] Greeenabackers (2025). *Letter calling for the renewal of NZIP*. Letter calling for the renewal of NZIP – Greenbackers

[63] Department for Energy Security and Net Zero. (n.d.). *Advanced nuclear technologies*. UK Government. Advanced Nuclear Technologies – GOV.UK.

Direkt statlig finansiering för storskaligt kärnkraftverk (upp till £1,7 miljarder)

Det finns också direkt statlig finansiering för storskaligt kärnkraftverk. Denna finansiering är öronmärkt för att möjliggöra ett slutligt investeringsbeslut (FID) för minst ett nytt, stort kärnkraftverk under innevarande parlament. Syftet är att säkerställa att Storbritannien har kapacitet att bygga ut stora kärnkraftverk som kan leverera betydande mängder el och därmed bidra till energisäkerheten och klimatmålen.[64]

Future Nuclear Enabling Fund (£120 miljoner)

Denna fond syftar till att undanröja hinder för nya kärnkraftsprojekt, t.ex. genom att stödja projekt i tidiga faser och minska risker så att de kan nå investeringsbeslut. Fonden används för att stimulera konkurrens och innovation samt förbereda marknaden för framtida investeringar i kärnkraft.[65]

Investeringar i kärnbränsle och infrastruktur

Nuclear Fuel Fund (£75 miljoner) finns investeringar fokuserade på att bevara och utveckla Storbritanniens kapacitet för kärnbränsleproduktion, vilket är avgörande för både dagens och framtidens reaktorer. Utöver det investeras upp till £80 miljoner till National Nuclear Laboratory Facilities, för att stärka forsknings- och utvecklingsinfrastrukturen kopplad till kärnkraft.[66]

Sammantaget är alla dessa satsningar del av en nationell strategisk inriktning för att stärka Storbritanniens energisäkerhet, minska beroendet av fossila bränslen och driva på teknikutvecklingen inom kärnkraft.

3.4.6 Sammanfattning av fallstudie 3: Storbritannien

Storbritannien har en uttalad strategi för kärnkraft – Civil Nuclear: Roadmap to 2050 – som syftar till att fyrfaldiga kärnkraftskapaciteten till 2050 som en del av landets Net Zero Strategy. Strategin omfattar både storskaliga anläggningar och avancerad kärnteknik som SMR och AMR.

Forskningen fokuserar på utveckling av nya reaktortekniker, som SMR och HTGR användning i kraftvärme/spillvärme och vätgasproduktion. Pågående program som RD&D AMR och Decommissioning Clean Up Programme stöder både teknik- och systemutveckling samt säker avveckling av befintliga AGR-reaktorer. Andra forskningsspår inkluderar AI för säkerhetsanalyser och licensiering, materialforskning i extrema miljöer samt hållbarhet ur socialt, miljömässigt och ekonomiskt perspektiv.

---

[64] Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2022, January 27). *Government readies Sizewell C nuclear project for future investment*. Government readies Sizewell C nuclear project for future investment – GOV.UK.

[65] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022; Department for Energy Security & Net Zero. (2023, January 2). *Government fund to accelerate nuclear fuel supply opens*. https://www.gov.uk/government/news/government-fund-to-accelerate-nuclear-fuel-supply-opens

[66] IAEA (2022). *Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom*. Tillgänglig: United Kingdom 2022; Department for Energy Security & Net Zero. (2023, January 27). *Nuclear Fuel Fund: Questions and clarifications* [Updated guidance]. https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-fuel-fund/nuclear-fuel-fund-questions-and-clarifications-added-27-january-2023.

Kommande forskningsbehov är nära kopplade till hur AMR kan användas för co-generation (el + värme), särskilt för vätgasproduktion och industriell processvärme. Det finns ett starkt fokus på systemintegration och kärnkraftens roll i ett alltmer flexibelt och förnybart elnät. Storbritannien lägger även stor vikt vid tvärvetenskaplig forskning kring materialens långtidsprestanda, särskilt uran och plutonium, samt AI:s potential att revolutionera reglering och drift av framtida reaktorer. Forskningen finansieras av ett brett spektrum av offentliga finansiärer, bl.a. Nuclear Decommissioning Authority, Innovate UK, EPSRC och flera regeringsdepartement. Dessa aktörer stödjer utvecklingen genom utlysningar, anbudsförfrågningar och riktade program såsom Net Zero Innovation Portfolio, Advanced Nuclear Fund och Nuclear Fuel Fund, vilket ger flexibilitet och skapar förutsättningar för innovationsdriven kärnkraftsutveckling.

Referenslista

Arbets- och näringsministeriet (2022). Klimatneutralt Finland 2035 – den nationella klimat- och energistrategin.

Civil nuclear: roadmap to 2050. Biggest expansion of nuclear power for 70 years to create jobs, reduce bills and strengthen Britain's energy security – GOV.UK.

Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2022, January 27). Government readies Sizewell C nuclear project for future investment – GOV.UK.

Department for Energy Security & Net Zero. (2023, January 2). Government fund to accelerate nuclear fuel supply opens.

Department for Energy Security & Net Zero. (2025). National Policy Statement for Nuclear Energy Generation EN-7.

Department for Energy Security and Net Zero. (n.d.). Advanced nuclear technologies.

Department for Energy Security and Net Zero. (2023). Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme: Phase B competition.

Department for Energy Security and Net Zero. (2024). AMR RD&D Phase A: Post-closure summary.

EDF (2022). EDF and Crédit Agricole CIB sign a financing agreement dedicated to the maintenance of French nuclear power plants.

Energy act (2023). Explanatory notes to the Energy Act 2023 (c. 52). https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2023/52/notes/division/2/index.htm

Euratom Research and Training Programme Work Programme 2023–2025, (2024).

Hekkert, Negro, Heieriks, Harmsen (2011). Technological Innovation System Analyses: A manual for analysts.

Högskoleförordningen (1993:100). 7 kap. 36 §. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/hogskoleforordning-1993100_sfs-1993-100/

IAEA (2022). Country Nuclear Power Profiles. 2022 Edition. United Kingdom.

Kari, M., Kojo, M., & Lehtonen, M. (2021). Role of the host communities in final disposal of spent nuclear fuel in Finland and Sweden. Progress in Nuclear Energy, 133, 103632. https://doi.org/10.1016/J.PNUCENE.2021.103632

Koivunen, T., Syri, S., & Millar, R. (2020). The role of nuclear power in a modeled carbon-free Finnish power system. 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM), 1–6. https://doi.org/10.1109/EEM49802.2020.9221896

Kojo, M., Lehtonen, M., Kari, M., & Litmanen, T. (2023). (De)politicization through safetization? Decision-making on nuclear waste management in Finland and France. Safety of Nuclear Waste Disposal. https://doi.org/10.5194/sand-2-269-2023

Kojo, M., Lehtonen, M., Kari, M., & Litmanen, T. (2023). Institutionalizing a promise: The case of small modular reactor regulation in Finland. 2023 19th International Conference on the European Energy Market (EEM), 1–6. https://doi.org/10.1109/EEM58374.2023.10161978

Lundvall (2007). Teorier om nationella innovationssystem: Hur kan dessa studeras?, ITPS arbetsrapport R2007:004.

Montonen, O., Eronen, V., Ranta, T., Huttunen, J., & Mäkelä, M. (2020). Multiobjective Mixed Integer Nonlinear Model to Plan the Schedule for the Final Disposal of the Spent Nuclear Fuel in Finland. Mathematics. https://doi.org/10.3390/math8040528

News Tank Energies (2025). PPE: ”Le décret publié d’ici la fin de l’été 2025, après examen de la PPL Gremillet” (F. Bayrou).

Nuclear Decommissioning Authority. (2021). Nuclear Decommissioning Authority Strategy: Effective from March 2021.

Nuclear Institute. (2025). Digital Special Interest Group (Digital SIG). https://nuclearinst.com/Digital-SIG

OECD NEA. (u.å.). Integration Group for the Safety Case (IGSC). Nuclear Energy Agency (NEA).

Oxford Research (2024). Kartläggning av andra länders tekniska stödorganisationer för kärnkraft.

Permanent Mission of France to the United Nations and the International Organisations in Vienna (2021). Nuclear power and SMR are central to the “France 2030” investment plan.

Regeringen. (2023, 8 november). Regeringen lanserar en färdplan för ny kärnkraft i Sverige.

Regeringen. (2024, 12 december). Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta.

Regeringen. (2024, 19 mars). Energipolitikens långsiktiga inriktning.

Regeringen. (2024). Forskning och innovation för framtid, nyfikenhet och nytta (Prop. 2024/25:60). https://www.regeringen.se/contentassets/a70996e2f9de4222b5a6880d33c20d35/forskning-och-innovation-for-framtid-nyfikenhet-och-nytta-prop.-20242560.pdf

Regeringen. (2025, 18 april). Fler aktörer kommer att kunna ansöka om medel för forskning om kärnkraftsutveckling.

Regeringens proposition 2023/24:105. Energipolitikens långsiktiga inriktning.

Regeringens proposition 2024/25:72. Forskning och innovation på energiområdet för försörjningstrygghet, konkurrenskraft och klimatomställning.

RFI (2023). France extends lifespan of 40-year-old nuclear reactor to meet energy needs. https://www.rfi.fr/en/france/20230823-france-extends-lifespan-of-40-year-old-nuclear-reactor-tricastin

Riksdagen. (2023, 29 november). Ny kärnkraft i Sverige (Betänkande 2023/24:NU5 Näringsutskottet).

SAFER2028 Day: https://safer2028.fi/wp-content/uploads/Morning-session-presentations-for-website.pdf

SNETP Strategic Research and Innovation Agenda (2021).

Sokka, L., Kirppu, H., & Leppänen, J. (2024). Evaluation of Life Cycle CO2 Emissions for the LDR-50 Nuclear District Heating Reactor. Energies. https://doi.org/10.3390/en17133250

Solomon, B. (2021). Solving a Wicked Problem in Deep Time: Nuclear Waste Disposal. Science and Engineering Ethics, 27. https://doi.org/10.1007/s11948-021-00299-5

Strategic Energy Technology Plan Key Action 10 Implementation Plan (2019): Maintaining a high level of safety of nuclear reactors and associated fuel cycles during operation and decommissioning, while improving their efficiency.

Strålsäkerhetsmyndigheten. (2025). Sammanfattande behovsanalys för Strålsäkerhetsmyndighetens forskningsfinansiering för 2025.

Svensk Kärnbränslehantering AB (2022). Fud-program 2022. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall.

UK Department for Energy Security and Net Zero. (2024). AMR RD&D Phase A: Post-closure summary – GOV.UK.

UK Government. (u.å.). Net Zero Innovation Portfolio – GOV.UK.

Bilaga 1 – Intervjuguide Kartläggning av forskningsbehov inom kärnkraftsområdet

Intervjuinformation

Namn
Position och organisation
Perspektiv som täcks
Datum och tid
Intervjuas av
Kommentarer

Inledning

Oxford Research har fått i uppdrag av Energimyndigheten att genomföra en **tvärvetenskaplig tematisk kartläggning av aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov**, samt en **kartläggning av utmaningar och möjligheter kopplat till identifierade forskningsbehov**, inom kärnkraftens hela livscykel. Analysen ska inkludera åtta olika perspektiv som spänner över naturvetenskap, teknik, samhällsvetenskap och humaniora:

- Marknad och flexibilitet.
- Samspel i energisystemet.
- Infrastruktur och försörjningstrygghet.
- Social hållbarhet och inkludering.
- Ekologisk hållbarhet och miljö.
- Konkurrenskraft och innovationer.
- Beredskap.
- Kraftvärme.

Syftet med intervjun är tvådelad. Dels att kartlägga aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov, dels att kartlägga styrkor och svagheter kopplade till forskningsbehoven.

Innan vi börjar intervjun vill jag fråga dig om vilket eller vilka av de åtta perspektiven som du bedömer att du kan och vill besvara frågeställningarna utifrån? På frågorna som följer vill jag be dig att utgå från de valda perspektiven.

Aktuella forskningsfrågor- och utvecklingsområden

Akademi

1. Inom vilka forskningsområden bedriver ni för tillfället forskning eller utveckling inom kärnkraftsområdet (eller relaterade områden)?

   Med relaterade områden menar vi specifik forskning inom områden som faller utanför kärnkraft och kärnteknik, men där forskningen kan ha konsekvenser eller applikationer inom kärnkraftsutvecklingen. Exempel kan vara kärnfysik, strålningsforskning, materialvetenskap, energisystem, beredskap, miljö, sociala hållbarhet eller annat som faller in under de åtta perspektiven.

2. Vilka aktuella forsknings- och utvecklingsfrågor inom kärnkraft är prioriterade vid er institution?
   a. Finns några särskilda applikationsområden eller tekniska utvecklingsfrågor som ni arbetar med?

3. Hur tillämpad är den forskning och utveckling som bedrivs?

   Det vill säga, i vilken utsträckning är den mer av grundforskningskaraktär respektive mer av utvecklingskaraktär?

Forskningsfinansiärer

1. Inom vilka forskningsområden finansierar ni för tillfället forskning eller utveckling inom kärnkraftsområdet (eller relaterade områden)

   Med relaterade områden menar vi specifik forskning inom områden som faller utanför kärnkraft och kärnteknik, men där forskningen kan ha konsekvenser eller applikationer inom kärnkraftsutvecklingen. Exempel kan vara kärnfysik, strålningsforskning, materialvetenskap, energisystem, beredskap, miljö, sociala hållbarhet eller annat som faller in under de åtta perspektiven.

2. Vilka aktuella forskningsfrågor inom kärnkraft är prioriterade för er?
   a. Finns några särskilda applikationsområden eller tekniska utvecklingsfrågor som ni ser som prioriterade?

3. Hur tillämpad är den forskning som finansieras?

   Det vill säga, i vilken utsträckning är den mer av grundforskningskaraktär respektive mer av utvecklingskaraktär?

Industri

1. Bedriver ni för tillfället forskning eller utveckling inom kärnkraftsområdet (eller relaterade områden)?

   Med relaterade områden menar vi specifik forskning inom områden som faller utanför kärnkraft och kärnteknik, men där forskningen kan ha konsekvenser eller applikationer inom kärnkraftsutvecklingen. Exempel kan vara kärnfysik, strålningsforskning, materialvetenskap, energisystem, beredskap, miljö, sociala hållbarhet eller annat som faller in under de åtta perspektiven.
   a. Inom vilka forskningsområden?

2. Vilka aktuella forsknings- och utvecklingsfrågor inom kärnkraft är prioriterade för er organisation?
   a. Finns några särskilda applikationsområden eller tekniska utvecklingsfrågor som ni arbetar med?

Projekt, satsning och resurser

Akademi

4. Hur omfattande är den kärnkraftsrelaterade forskningen som bedrivs på din institution?
   a. I termer av personal?
   b. I termer av medel?
   c. Känner du till omfattningen av kärnkraftsrelaterad forskning på andra institutioner på lärosätet? I så fall, hur ser den ut?
5. Vilka konkreta projekt, forskargrupper eller liknande bedriver för tillfället kärnkrafts-relaterad forskning på din institution?
   a. Känner du till konkreta projekt, forskargrupper eller liknande som bedriver kärnkrafts-relaterad forskning på andra institutioner på lärosätet? I så fall, vilka?
6. Vilka finansiärer eller parter är involverade i den forskning och utveckling ni bedriver?
7. Vilka resurser i termer av infrastruktur, testanläggningar, laboratorier eller liknande saknar ni idag?[67]
8. Har den forskning ni bedriver och vilka resurser ni har förändrats eller utvecklats sedan 2020? I så fall hur?

Forskningsfinansiärer

4. Vilka utlysningar eller satsningar har ni – eller har nyligen haft – som finansierar pågående forskning inom kärnkraft?
5. Finns några särskilda konkreta projekt, forskargrupper eller liknande som ni för tillfället finansierar?
6. Vilken storlek på medel har ni för forskning och utveckling inom kärnkraft?
   a. I vilken grad ansöks och fördelas medlen?
7. Har ni några andra resurser eller satsningar inom kärnkraft utöver utlysta forsknings-medel?
   a. Vilka resurser har ni själva för att bevaka och potentiellt stötta forskning och utveckling inom kärnkraft?
8. Har era utlysningar vad gäller vilken forskning ni finansierar eller storleken på de medel ni utlyser, förändrats eller utvecklats sedan 2020? I så fall hur?

[67] Frågan ställdes bara till de mer tekniskt inriktade informanterna inom akademin.

Bilaga 2 – Kunskapsinhämtande workshop om forskningsbehov inom kärnkraftsområdet i Sverige

Bakgrund och syfte

Oxford Research har fått ett uppdrag av Energimyndigheten att genomföra en **tematisk kartläggning av aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov**, samt en kartläggning av utmaningar och möjligheter kopplat till identifierade forskningsbehov, inom kärnkraftens hela livscykel. Från bränsleproduktion till avfallshantering, inom naturvetenskap, teknik, samhällsvetenskap och humaniora utforskas utifrån alla aspekter i kärnkraftens livscykel, roll i energisystemet och samhället i stort.

Målsättning för dagen

Målsättning för dagens workshop är kartlägga vilka **forskningsfrågor som finns idag** och **vilka de kommande forskningsbehoven är**.

En ytterligare workshop om utmaningar och möjligheter kommer vi att bjuda in till senare i vår.

Angreppssätt

Energimyndigheten önskar kartlägga forskningsfrågorna och -behoven utifrån åtta olika perspektiv (marknad och flexibilitet, samspel i energisystemet, infrastruktur och försörjningstrygghet, social hållbarhet och inkludering, ekologisk hållbarhet och miljö, konkurrenskraft och innovationer, beredskap och kraftvärme). Perspektiven kommer därför att vara styrande under workshopen.

Upplägg

Inga förberedelser krävs. Vi kommer att ses via Teams och är glada om ni tänker på följande:

Koppla gärna upp er ett par minuter innan vi börjar och se till att ljud och kamera fungerar. Vi använder bild under hela workshopen. Vi från Oxford Research kommer att fördela ordet och vi använder handuppräckningsknappen i största möjliga mån.

Agenda

Workshopen genomförs **fredagen den 28 februari kl. 13:00–15:00**.

13:00	**Välkomna** Kort presentationsrunda Dagens syfte och agenda (fråga om ok att transkribera)
13:10	**Presentation av studiens genomförande** Kortfattad presentation av Oxford Research
13:20	**Diskussionspass 1** Aktuella forskningsfrågor utifrån de åtta perspektiven. – **Vilka forskningsfrågor är mest aktuella idag inom de olika perspektiven? Frågan slängs ut i chatten, som ska diskuteras utifrån de olika perspektiven. (experterna får lyfta ett perspektiv och tala om det. Viktigt att de nämner perspektivet så att vi kan kategorisera sedan)**
14:00	***Kort paus***
14:05	**Diskussionspass 2** Kommande forskningsbehov utifrån de åtta perspektiven. Vad har Oxford Researchs kartläggning hittills visat utifrån några perspektiv? Verifiering, diskussion och tillägg – Findings (10 min) – (Första 20 min) Känner ni igen er i de kommande forskningsbehov som vi har identifierat? Speglar det här den verklighet ni befinner er i och de trender ni ser? – (Resterande 20): Inom perspektiven Ekologisk hållbarhet och klimat, Kraftvärme samt beredskap har vi identifierat få forskningsbehov. Vad har ni för trendspaningar om kommande forskningsbehov inom dessa perspektiv? Menti: en fråga per perspektiv = Beredskap, Kraftvärme och Ekologisk hållbarhet och klimat. – Reflektioner på mentiresultatet.(reflektioner mellan varje perspektivfråga)
14:55	**Sammanfattning och avrundning** – nästa steg, inkl. framtida kontakter om respondenter, miljöer och fallstudier.
15:00	**Mötet slut**

Bilaga 3 – Utmaningar och möjligheter för att kunna möta framtida forskningsbehov inom kärnkraftsområdet i Sverige

Bakgrund och syfte

Oxford Research har fått ett uppdrag av Energimyndigheten att genomföra en **tematisk kartläggning av aktuella forskningsfrågor och kommande forskningsbehov**, samt en kartläggning av utmaningar och möjligheter kopplat till identifierade forskningsbehov, inom kärnkraftens hela livscykel. Från bränsleproduktion till avfallshantering, inom naturvetenskap, teknik, samhällsvetenskap och humaniora utforskas utifrån alla aspekter i kärnkraftens livscykel, roll i energisystemet och samhället i stort.

Målsättning för dagen

Målsättning för dagens dialogmöte är att diskutera och verifiera det som framkommit i datainsamlingen vad gäller förutsättningar och de utmaningar och möjligheter som råder för att kunna möta framtida forskningsbehov inom kärnkraft.

Genomförande

En presentation med efterföljande diskussioner.

Upplägg

Inga förberedelser krävs. Vi kommer att ses via Teams och är glada om ni tänker på följande:

Koppla gärna upp er ett par minuter innan vi börjar och se till att ljud och kamera fungerar. Vi använder bild under hela workshopen. Vi från Oxford Research kommer att fördela ordet och vi använder handuppräckningsknappen i största möjliga mån.

Agenda

Workshopen genomförs **fredagen den 9 maj kl. 13:00–15:00**.

13:00	**Välkomna** • Kort presentationsrunda • Dagens syfte och agenda
13:10	Presentation av studiens genomförande • Kortfattad presentation av Oxford Research
13:20	**Pass 1** • Presentation av vad som framkommit avseende förutsättningar inom områdena institutionella ramverk samt miljöer för test och utveckling • Verifiering, diskussion, tillägg
14:00	***Kort paus***
14:05	**Pass 2** • Presentation av vad som framkommit avseende förutsättningar inom områdena Samarbeten och Internationellt deltagande, Kompetensförsörjning samt Finansierings-källor och -system • Verifiering, diskussion, tillägg
14:55	**Sammanfattning och avrundning**
15:00	**Dialogmötet avslut**

Bilaga 4 – Intervjuguide engelska

Interview information

Name
Position and organization
Date and time
Interviewed by
Comments on the report

Introduction

Oxford Research has been commissioned by the Swedish Energy Agency to conduct an **interdisciplinary thematic study of current research issues and future research needs** within the entire life cycle of nuclear power. Within the framework of the study, we are also taking an international look at three case study countries (Finland, France and the UK) to identify current research issues and future research needs in other countries, and to study how these countries organize their research initiatives in nuclear power.

Current research issues and development areas

1. What are the current research issues in (UK/FRANCE/FINLAND) in relation to nuclear power or related research areas?)

   By related areas we mean specific research in areas that fall outside nuclear power and nuclear technology, but where the research may have consequences or applications in nuclear power development. Examples include nuclear physics, radiation research, materials science, energy systems, emergency preparedness, environment, social sustainability etc.

2. What are current research priorities in nuclear energy?
   a. Are there any particular application areas or technical development issues that you see as priorities?

3. How applied is the research conducted?

   That is, to what extent is it more of a basic research nature or more of a development nature?

Upcoming research needs

4. What *future* research needs, technologies or development areas in the nuclear field (or related fields) do you see as the highest priority in (UK/FRANCE/FINLAND)?
   a. Why are these future research needs prioritized (what drives the research needs)?

Nuclear power investments

5. Which public research and innovation funding bodies fund nuclear-related research in (UK/FRANCE/FINLAND)?
6. What nuclear research and innovation programs are available in (UK/FRANCE/ FINLAND)?
7. Are calls for proposals and/or calls for tenders used as a method to conduct nuclear-related research?
8. Is there an explicit nuclear strategy in the country?
   a. If yes, what areas of need are identified in the strategy?
   b. What are the countries' priorities for research and innovation in the different areas of need?
   c. If no: Is there a need for a nuclear strategy? Why/why not?

Other

Do you have anything else you'd like to add related to what we've talked about or our mission?

Bilaga 5 – Respondentlista

Akademi

Lärosäte	Roll	Namn
Chalmers tekniska högskola	Professor, kemi och kemiteknik, industriell materialåtervinning och kärnkemi	Christian Ekberg
Uppsala universitet	Professor i miljörätt vid Juridiska institutionen	Henrik Josefsson
Lunds universitet	Professor, Internationella miljöinstitutet	Jenny Palm
Lunds universitet	Professor i partikel- och nukleär fysik	Joakim Cederkäll
Örebro universitet	Professor vid institutionen för humaniora, utbildnings- och samhällsvetenskap	Linda Soneryd
LTU	Professor avdelningen för samhällsvetenskap	Maria Pettersson
Kungliga tekniska högskolan	Professor i kärnkemi	Mats Jonsson
Uppsala universitet	Docent i fysik med inriktning mot tillämpad kärnfysik vid Uppsala universitet	Sophie Grape

Industri

Organisation	Roll	Namn
Blykalla	Anonymiserad	Anonymiserad, personen önskar inte ha sitt namn med
Cyclife Sweden AB	Teknikdirektör	Arne Larsson
Vattenfall (Forsmark Ringhals)	FoU-chef	Monika Adsten
Studsvik	Anonymiserad	Anonymiserad, personen önskar inte ha sitt namn med
Svensk kärnbränslehantering AB	Chef Forskning och utveckling	Eva Andersson
Vattenfall	Vice VD New Nuclear	Desirée Comstedt
Vattenfall	Strategy and portfolio manager	Anders Wik
Vattenfall Nuclear Fuel Aktiebolag	Anonymiserad	Anonymiserad, personen önskar inte ha sitt namn med
Westinghouse Electric Sweden AB	Chef, Innovationer inom bränslematerial	Magnus Limbäck
Energiföretagen	Expert kärnkraft	Ted Lind
Uniper Energy	Senior Nuclear Specialist	Mats Yngvesson
Kärnfull Next	VD	Christian Sjölander

Forskningsfinansiärer

Organisation	Roll	Namn
Stiftelsen för strategisk Forskning	Programchef	Joakim Amorim
SSM	Forskningssekreterare	Cheuk Lau
Energiforsk	Portfolio Manager Nuclear Power	Karin Westling
Svenskt Kärntekniskt Centrum (SKC)	Föreståndare	Cilla Andersson

Expertgrupp

Organisation	Roll	Namn
Chalmers tekniska högskola	Professor, kemi och kemiteknik, industriell material-återvinning och kärnkemi	Christian Ekberg
Uppsala universitet	Professor i miljörätt vid Juridiska institutionen	Henrik Josefsson
Kungliga tekniska högskolan	Professor i kärnkemi	Mats Jonsson
Uppsala universitet	Docent i fysik med inriktning mot tillämpad kärnfysik vid Uppsala universitet	Sophie Grape
Kungliga tekniska högskolan	Professor i fysik med inriktning mot kärntekniska material	Pär Olsson
Örebro universitet	Professor vid institutionen för humaniora, utbildnings- och samhällsvetenskap	Linda Soneryd
Kärnfull Next	VD	Christian Sjölander
Vattenfall	Strategy and portfolio manager	Anders Wik
Energiföretagen	Expert kärnkraft	Ted Lind
SSM	Forskningssekreterare	Cheuk Lau

Fallstudier

Land	Organisation	Roll	Namn
Finland	VTT	Chef, driftstöd. Programdirektör SAFER2028	Suvi Karvonen
	STUK	Ledande sakkunnig, Övervakning av kärnkraftverk	Tomi Routamo
Storbritannien	Dalton Nuclear institute	Forskare I kärnenergipolitik	William Bodel
	Dalton Nuclear institute	Biträdande direktör och BNFL-ordförande för kärn-energi och samhälle vid Dalton Nuclear Institute	Adrian Bull, MBE
	Dalton Nuclear institute	Professor i tritiumvetenskap och -teknik	Philip Emondson
	Dalton Nuclear institute	Biträdande direktör, professor i kärnkemi	Scott Heath
	Dalton Nuclear institute	Direktör för Dalton Nuclear institute och professor i kärnteknik	Zara Hodgson
	Dalton Nuclear institute	Gästprofessor i kärnkraftspolitik och kapacitet	Fiona Raymnet
Frankrike	CEA	Direktör för energiprogrammen, den strategiska avdelningen för energidivisionen (DES)	Stephane Sarrade
	ASNR	Biträdande direktör för säkerhetsforskning	Personen önskar inte ha sitt namn med

Hållbar energi för alla

Energimyndighetens uppdrag är att förena ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet i energisystem, som är hållbara och kostnadseffektiva med en låg påverkan på hälsa, miljö och klimat.

Vi bidrar med fakta, kunskap och analyser om tillförsel och användning av energi i samhället, och arbetar för en trygg energiförsörjning.

Forskning om framtidens energisystem och teknik får stöd av oss. Vi stöttar också affärsutveckling som gör det möjligt att kommersialisera innovationer och ny teknik, och ser till att goda lösningar kan exporteras.

Vi ansvarar för Sveriges officiella statistik på energiområdet, och hanterar stödsystem så som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Dessutom deltar vi i internationella klimatsamarbeten, och förmedlar fakta om effektivare energianvändning till hushåll, företag och myndigheter.

Energimyndigheten är också beredskapsmyndighet och sektorsansvarig myndighet inom energiområdet.

Energimyndigheten

Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00
E-post registrator@energimyndigheten.se
energimyndigheten.se