

Genomlysning av det svenska CERN-medlemskapet



Genomlysning av det svenska CERN-medlemskapet

VR2606

Dnr 8.2-2026-00084

ISBN 978-91-89845-53-4

Kontaktpersoner på Vetenskapsrådet: Elisabeth Sjöstedt och Olof Lundberg

Swedish Research Council

Vetenskapsrådet

Box 1035

SE-101 38 Stockholm, Sweden

Innehållsförteckning

Förord	4
Sammanfattning	5
Summary	6
1 CERN och den planerade Future Circular Collider	7
1.1 Large Hadron Collider	7
1.2 High-Luminosity Large Hadron Collider	8
1.3 Övriga accelerators vid CERN	8
1.4 Future Circular Collider.....	8
2 Svensk forskning med koppling till CERN	9
2.1 Ett förändrat forskningslandskap påverkar partikelfysikområdet	9
2.2 Svenska forskargrupper som nyttjar CERN idag.....	9
2.3 Beskrivning av tillväxten inom partikelfysikområdet.....	11
2.4 Lämpliga målbilder för partikelfysikområdet	11
Utreda hur riktade stöd påverkar forskningssystemet.....	12
2.5 Svenskar direktanställda vid CERN.....	13
3 Tekniska aspekter av det svenska CERN-medlemskapet	14
4 Övriga medskick från genomlysningen	16
4.1 CERN:s betydelse för svensk partikelfysikforskning	16
4.2 CERN:s betydelse för andra infrastrukturer, naturvetenskapliga och tekniska forsknings- och utvecklingsområden.....	16
4.3 Hur medlemskap i CERN bidrar till bilden av Sverige som forskningsnation.	18
4.4 FCC:s betydelse som flaggskepp.....	18
4.5 Den vetenskapliga motiveringen för FCC	19
5 Beskrivning av genomlysningsuppdraget	20

Förord

Som ett viktigt underlag för Vetenskapsrådets ställningstaganden inför ett möjligt genomförande av FCC-ee har myndigheten beställt denna genomlysning av det svenska CERN-medlemskapet.

CERN, beläget nära Genève i Schweiz, är idag världens ledande forskningsanläggning inom högenergipartikelfysik. Anläggningen samlar forskare från hela världen för samarbeten kring grundläggande frågor om universums uppbyggnad. Styret är europeiskt och för närvarande har CERN 25 medlemsländer, där Sverige är ett av de 12 länder som varit med sedan bildandet 1954. Senast anslutna medlemsländer är Estland (2021) och Slovenien (2025). Utöver det har CERN ett tiotal associerade medlemsländer, både inom och utanför Europa.

Sedan en tid tillbaka undersöker CERN möjligheten att bygga en ny flaggskeppsaccelerator, Future Circular Collider, för elektron-positron-kollisionsmätningar (FCC-ee) som ska vara i drift mellan 2048 och 2063. FCC-ee kräver en ny acceleratortunnel med en omkrets av 91 kilometer, och projektet uppskattas kosta omkring 15 miljarder CHF. Projektet har också en möjlig fortsättning, FCC-hh, där själva tunneln är tänkt att återanvändas för hadronkollisionsmätningar under åren 2074 till 2100, och till en kostnad på ytterligare 20 miljarder CHF.

Beslut om ett eventuellt genomförande av det förta steget, FCC-ee, ska fattas av CERN:s medlemsländer i slutet av 2020-talet. Om FCC-ee genomförs kan kostnadsbilden för det svenska CERN-medlemskapet komma att förändras väsentligt och för lång tid framåt.

Syftet med genomlysningen, genomförd under januari till mars 2026, är att ge Vetenskapsrådet underlag rörande värdet av CERN för svensk forskning och teknikutveckling idag, samt information om hur den svenska tillväxten inom partikelfysikområdet ser ut idag.

Vetenskapsrådet vill rikta ett särskilt tack till Mattias Marklund, Chalmers tekniska högskola, och Dag Hanstorp, Göteborgs universitet, som genomfört genomlysningen av det svenska CERN-medlemskapet.

Stockholm, 1 juni 2026

Katarina Bjelke

Generaldirektör, Vetenskapsrådet

Sammanfattning

Som ett led i arbetet med att ta fram en svensk position avseende Future Circular Collider (FCC) har Vetenskapsrådet beställt en genomlysning av det svenska CERN-medlemskapet. Dels för att få en uppdaterad bild av betydelsen av CERN för svensk forskning och teknikutveckling idag, och dels som en indikation på hur partikelfysikområdet skulle behöva stärkas om Sverige ska kunna nyttja CERN och ett eventuellt framtida FCC på ett tillfredsställande sätt.

CERN är idag en världsledande forskningsanläggning och en global forskningsnod med 25 medlemsländer och användare från över 80 länder. Omkring etthundra forskare från svenska lärosäten nyttjar idag det svenska CERN-medlemskapet. De svenska grupper som är involverade i de största experimenten på dagens CERN, framför allt ATLAS men även ALICE och LHCb, är helt beroende av medlemskapet då dessa experiment är unika och inte har någon motsvarighet någon annanstans i världen. För andra engagemang från svensk sida bidrar CERN starkt till verksamheten, men de svenska forskargruppernas existens är inte avhängig av CERN.

Samtidigt är CERN ett av få forskningscentra där Europa har en världsunik position. Om Sverige med trovärdighet vill hävda sig som en ledande forskningsnation är det nödvändigt att vi, som ett av de 12 grundarländerna, fortsätter forskningen på CERN genom ett fullvärdigt medlemskap, vilket också medför ett deltagande i FCC om denna anläggning byggs.

Överlag har Sverige i förhållande till den svenska medlemsavgiften en låg aktivitetsgrad vid CERN. Detta gäller såväl användare från svenska lärosäten och svenskar direktanställda vid CERN som teknikutbyte och industrikontrakt till svenska företag.

För att säkerställa att Sverige kan dra vetenskaplig och teknisk nytta av ett framtida FCC, krävs extra satsningar på framför allt relevant teknisk forskning och återväxten inom svensk partikelfysik. Då det skulle röra sig om ett betydande ekonomiskt tillskott måste realistiska kostnadsuppskattningar och dess påverkan på det totala svenska forskningslandskapet först utredas.

Summary

As part of the work to develop a Swedish position regarding the Future Circular Collider (FCC), the Swedish Research Council has commissioned a review of the Swedish CERN membership. Partly to obtain an updated picture of the importance of CERN for Swedish research and technological development today, and partly as an indication of how the field of particle physics would need to be strengthened if Sweden is to be able to use CERN and a possible future FCC in a satisfactory manner.

CERN is today a world-leading research facility and a global research node with 25 member countries and users from over 80 countries. Around one hundred researchers from Swedish universities currently use the Swedish CERN membership. The Swedish groups involved in the largest experiments at today's CERN, especially ATLAS but also ALICE and LHCb, are completely dependent on the membership as these experiments are unique and have no equivalent anywhere else in the world. For other commitments from the Swedish side, CERN contributes strongly to the activities, but the existence of the Swedish research groups is not dependent on CERN.

At the same time, CERN is one of the few research centres where Europe has a unique position in the world. If Sweden wants to credibly assert itself as a leading research nation, it is necessary that we, as one of the 12 founding countries, continue research at CERN through full membership, which also entails participation in the FCC if this facility is built.

Overall, Sweden has a low level of activity at CERN in relation to the Swedish membership fee. This applies to users from Swedish universities and Swedes directly employed at CERN as well as technology exchange and industrial contracts to Swedish companies.

To ensure that Sweden can benefit scientifically and technically from a future FCC, extra investments are required, especially in relevant technical research and the regrowth of Swedish particle physics. Since this would be a significant financial contribution, realistic cost estimates and its impact on the overall Swedish research landscape must first be investigated.

1 CERN och den planerade Future Circular Collider

1.1 Large Hadron Collider

Large Hadron Collider (LHC) är för närvarande världens största och kraftfullaste partikelaccelerator med en omkrets på 27 km. Den utgör den huvudsakliga acceleratorstrukturen vid CERN och har varit i drift sedan 2008.

LHC är en internationellt unik anläggning och ger möjlighet för partikelfysiksamhället att utforska några av de mest grundläggande frågorna kring universums sammansättning och utveckling. Det finns för närvarande ingen alternativ anläggning för partikelfysikforskning vid de högsta kollisionsenergierna (14 TeV).

LHC är värd för en rad experiment, där svenska forskare har sin tyngdpunkt vid ATLAS och ALICE. ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS) är en av de två detektorer som användes för att hitta Higgsbosonen och arbetar med de högsta energiskalorna som någonsin producerats i ett laboratorium. ALICE (A Large Ion Collider Experiment) är en tungjonsdetektor, byggd för att studera starkt växelverkande materia vid höga energitätheter, i form av så kallade kvark-gluonplasmor. Svenska forskare är också aktiva vid Large Hadron Collider beauty experiment (LHCb), som fokuserar på att detektera partiklar som innehåller den tyngre typen av kvark som fått namnet "beauty".

Vart och ett av experimenten vid CERN styrs av sina respektive internationella samarbeten – vars storlek är så betydande att de var för sig kan betraktas som en komplett infrastruktur. Den stora mängden data som samlas in från LHC-experimenten (~50–70 petabyte per år) bearbetas, lagras, distribueras och analyseras via den distribuerade datorinfrastrukturen Worldwide LHC Computing Grid (WLCG). Samarbetet länkar samman nationella och internationella nätinfrastrukturer i mer än 40 länder.

Svenska forskare som bedriver sin forskning vid LHC, främst inom experimenten ATLAS och ALICE, samordnar sina aktiviteter och åtaganden genom det nationella LHC-konsortiet (LHCK). LHCK leds genom en gemensam styr- och ledningsstruktur med representanter från de lärosäten som bidrar till det svenska engagemanget vid LHC. Konsortiet ansvarar för implementeringen av svenska driftsåtaganden gentemot CERN för LHC (ATLAS, ALICE samt beräkningsinfrastrukturen WLCG) och samordnar ansökningar om forsknings- och infrastrukturmedel, huvudsakligen från Vetenskapsrådet. Pågående driftsbidrag hanteras av KTH som medelsförvaltare, medan Lunds universitet och Uppsala universitet hanterar kommande uppgraderingsprojekt för ALICE- och ATLAS-detektorerna.

1.2 High-Luminosity Large Hadron Collider

Från sommaren 2026 och fram till sommaren 2030 stängs LHC ner för en sista planerad uppgradering, till vad som kallas High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC). Samtidigt som den uppdaterade acceleratoren ska kunna accelerera fler partiklar åt gången sker en uppgradering av magneterna som styr själva partikelstrålen, så att strålen blir smalare och tätare. Sammantaget kommer fler tunga partiklar att passera genom samma punkt samtidigt i den uppgraderade acceleratoren, vilket ger fler partikelkollisioner per korsning. Fler partikelkollisioner benämns inom acceleratorfysik som högre luminositet.

1.3 Övriga acceleratorer vid CERN

CERN har en tradition av att fortsätta nyttja sina tidigare acceleratorer för att möjliggöra för en breddad forskningsrepertoar. Det finns idag ytterligare tio acceleratorer vid CERN-anläggningen, som var och en likt LHC är värd för ett antal experiment. Svenska forskare är framför allt aktiva vid icke-LHC-experimentet ISOLDE (Isotope mass Separator On-Line facility) som tillhandahåller en stor variation av lågenergiska radioaktiva strålar. Dessa strålar kan även efter-accelereras genom HIE-ISOLDE (High Intensity and Energy ISOLDE) för att studera kärnprocesser.

1.4 Future Circular Collider

CERN undersöker för närvarande möjligheten att bygga en ny cirkuläraccelerator, Future Circular Collider (FCC) med en omkrets på 91 km, som ska kunna ta vid efter High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC). FCC är ett mycket kostsamt projekt som sträcker sig över många decennier och är enligt CERN helt nödvändig för att Europa ska kunna behålla sin världsledande ställning inom högenergipartikelfysik.

Beslut om genomförande av det första steget av FCC, FCC-ee för elektron-positron-kollisionsmätningar under åren 2048–2063, till en uppskattad konstruktionskostnad på 15 miljarder CHF, skall fattas av CERN Council i juni 2028. Den andra fasen, FCC-hh för proton-proton-kollisionsmätningar under åren 2074-2100, har i dagsläget en uppskattad kostnad på 20 miljarder CHF.

Om FCC inte skulle bli av är det oklart vad som kommer att ske med utvecklingen av CERN då detta inte har tydliggjorts från organisationens sida. Ett rimligt scenario är att aktiviteten med High-Luminosity LHC förlängs eller modifieras under en tid. Om nästa flaggskeppsaccelerator i stället byggs utanför Europa skulle det innebära att CERN förlorar sin världsledande position, medan om ingen liknande anläggning byggs över huvud taget så förlorar forskningsfältet med tiden sin position som ett ledande grundforskningsområde.

2 Svensk forskning med koppling till CERN

2.1 Ett förändrat forskningslandskap påverkar partikelfysikområdet

Vid tidpunkten för byggandet av LHC, för omkring 20 år sedan, var både experimentell och teoretisk partikelfysik mycket starka ämnesområden i Sverige dit ofta de allra bästa studenterna och doktoranderna sökte sig. Då fanns starka mekanismer för att finansiera grundforskning i allmänhet och partikelfysik i synnerhet. Lärosätena finansierade doktorander och professorers löner finansierades ofta helt med fakultetsmedel. Vid den tidpunkten fanns det även ett rambidrag för forskningen vid CERN.

Sedan den tiden har mycket förändrats, framför allt när det gäller de finansieringsmodeller som nu tillämpas vid lärosätena. Professorer förväntas finansiera del av sin tjänst med externa medel och fakultetsfinansierade doktorander har näst intill försvunnit. Som en följd av detta har riktade externa satsningar bidragit till en gradvis förskjutning från grundforskning till tillämpad forskning, där nya områden som kvantteknologi och AI attraherar många unga talanger. Den relativa andelen forskare inom partikelfysik har därmed minskat, samtidigt som det totala antalet anställda forskare vid svenska lärosäten ökat.

Vidare har de indirekta kostnaderna vid lärosätena gått från att vara symboliska avgifter till att idag ofta uppgå till påslag på över 50 procent. Även om Vetenskapsrådets projektbidrag täcker indirekta kostnader så har inte bidragsstorleken ökat i samma utsträckning. Sammantaget innebär färre och på det här sättet urholkade projektbidrag till grundforskningen att ett projektbidrag från Vetenskapsrådet, som idag är basen för finansiering av grundforskning, ofta inte täcker kostnaden för en doktorandtjänst.

De nya finansieringsmodellerna drabbar samtliga områden som ligger utanför de stora, riktade satsningarna, och där medelstillelningen på nationell nivå alltså effektivt sett gått ner över tid. Men problemet blir extra tydligt inom partikelfysiken som via sina infrastrukturer arbetar med särskilt långa tidshorisonter.

2.2 Svenska forskargrupper som nyttjar CERN idag

I genomlysningen av det svenska medlemskapet i CERN har information från samtliga svenska forskargrupperingar med forskning som sker på eller relaterar till CERN samlats in, och uppdaterad statistik har inhämtats från CERN.

Sammantaget visar siffrorna att svensk forskning med koppling till CERN idag involverar ett hundratal forskare, framför allt vid universiteten i Uppsala, Stockholm, Lund och Göteborg samt vid de tekniska högskolorna KTH och

Chalmers. Även Mittuniversitet och European Spallation Source (ESS) bedriver forskningssamarbeten med CERN. Se tabell 1.

Tabell 1. Svenska organisationers forskning vid CERN

Lärosäte/organisation	Aktiviteter vid CERN
Lunds universitet	ATLAS ALICE ISOLDE
Uppsala universitet	ATLAS CLIC Test Facility 3 LHCb nTOF – neutron time-of-flight
Stockholms universitet	ATLAS AD5 ALPHA-experimentet CLOUD – Cosmics Leaving Outdoor Droplets
Göteborgs universitet	ISOLDE
ESS	RD51 – Micropattern Gas Detectors
Kungliga Tekniska högskolan	ATLAS
Chalmers tekniska högskola	ISOLDE
Mittuniversitetet	Medipix3

Tabellen redovisar både LHC- och icke-LHC-experiment. Enligt CERN:s statistik för 2025 var det totalt 99 forskare (användare) vid CERN som var knutna till ett svenskt lärosäte eller organisation. Störst andel utgjordes av forskare vid ATLAS (44) följt av ISOLDE (15) och ALICE (14). Källa: CERN HR ICReport-6, filter: "SE institutes", per 31 december 2025.

Mest centrala roller har forskargrupperna i experimentell partikelfysik inom högenergiexperimentet ATLAS, men även inom experimenten ALICE och LHCb. Dessa grupper finns vid universiteten i Lund, Stockholm och Uppsala samt vid KTH. De samlar tillsammans den absoluta majoriteten av de Sverigebaserade forskarna med verksamhet på CERN och de är helt beroende av CERN för sin forskningsverksamhet. Kopplad till dessa LHC-experiment finns även svensk forskning inom teoretisk partikelfysik vid Chalmers tekniska högskola och universiteten i Lund och Uppsala.

Idag är det framför allt FREIA-laboratoriet vid Uppsala universitet som utbildar tekniskt inriktade forskare med kopplingar till CERN och då framför allt inom instrumentering och acceleratorutveckling.

I kärnfysik, där forskningen bedrivs vid isotopfabriken ISOLDE, deltar forskare från Lunds universitet och Chalmers. För dessa grupper är icke-LHC-experimentet ISOLDE på CERN en unik anläggning, men inte helt avgörande för fältets framtid. Det finns kompletterande anläggningar för kärnfysikområdet så som FAIR i Tyskland, JYFL i Finland, GANIL i Frankrike och TRIUMF i Kanada.

Vid ISOLDE finns även forskning i atomfysik som bedrivs av forskare från Göteborgs universitet, men för den forskningen är anläggningen vid CERN av mer kompletterande natur. Det gäller även forskningen i atmosfärfysik vid icke-LHC-experimentet CLOUD på CERN, där forskare från Stockholms universitet deltar.

Vid icke-LHC-experimentet Antiproton Decelerator (AD), där antimateria studeras, deltar forskare från Stockholms universitet i ALPHA-experimentet. Utan protonacceleratorerna på CERN skulle inte denna, helt världsunika, forskning kunna bedrivas.

2.3 Beskrivning av tillväxten inom partikelfysikområdet

Vid genomlysningen konstaterades att majoriteten av de Sverigebaserade forskarna verksamma vid CERN idag är i senare delen av karriären, vilket möjligen är en effekt av de förändrade finansieringsformerna vid svenska lärosäten. Samtidigt uppskattas antalet doktorander inom de berörda forskargrupperna vara omkring hälften så många som de seniora forskarna. Det är en låg nivå för att upprätthålla ett långsiktigt hållbart forskningsfält. Det är också lågt med tanke på att det oftast är de yngre forskarna, doktorander och postdoktorander, som framför allt bidrar till produktiviteten och genomslaget av verksamheten.

Vid ATLAS har en förnyring skett under senare år men den övergripande bilden är att det kommer att krävas ökade resurser för att bibehålla Sveriges bidrag till forskningen på CERN, över tid och på nuvarande nivå. Om FCC genomförs bör målet i stället vara att stärka fältet jämfört med idag, och i så fall krävs ytterligare tillskott av medel.

Den kategori som minskat allra kraftigast sedan LHC konstruerades för 20 år sedan är forskare med teknisk inriktning som kan utveckla och tillverka detektorer och andra instrument med hög precision. Forskare med denna tekniska inriktning har sedan konstruktionen av LHC delvis koncentrerats vid större anläggningar snarare än vid lärosäten, men möjligheterna för dessa forskare att erhålla bidrag i konkurrens bedöms ha gått ner över tid och därmed också deras möjlighet att bedriva verksamhet vid svenska lärosäten.

2.4 Lämpliga målbilder för partikelfysikområdet

Även en mindre grupp svenska forskare verksamma vid ett eventuellt framtida FCC kommer att ha stort nytta av att kunna forska vid en världsledande

anläggning. Men i ett sådant scenario blir Sveriges kostnad per forskare mycket hög. Så frågan är hur stor forskning Sverige bör ha vid CERN, med respektive utan ett framtida FCC, med tanke på den höga medlemsavgiften och en eventuell ökning inför FCC.

I genomlysningen har framkommit att det finns anledning att se över villkoren vid svenska lärosäten för forskare med teknisk inriktning relevant för instrumentering och detektorutveckling, med målet att stärka området både kvantitativt och kvalitativt. Med tanke på Sveriges engagemang i flera olika acceleratorbaserade forskningsinfrastrukturer, inte minst ESS, skulle det vara en högst relevant åtgärd även utan genomförandet av FCC.

Antalet seniora forskare inom högenergipartikelfysik behöver egentligen inte öka, om Sverige kan acceptera en numerärt låg användning av CERN, men det är centralt att den nationella planeringen och samordningen motsvarande dagens LHC-konsortium (LHCK) består om Sverige ska delta i aktiviteter kring FCC.

Om FCC genomförs, och Sverige fortsätter som medlemmar i CERN, bör ytterligare satsningar på fältets framtida tillväxt genomföras för att säkerställa att det finns forskare i Sverige som i framtiden kan bedriva forskning vid anläggningen. För att hålla ett forskningsområde livskraftigt över tid bör antalet juniora forskare (doktorander och postdoktorer), som regel inom svensk fysikforskning, vara i storleksordningen dubbelt så många som fältets seniora forskare. Det ska noteras i sammanhanget att även om High-Luminosity LHC som planeras vara i drift 2030 kan ses som en brygga till FCC-ee, kommer det bli en utmaning att behålla kontinuiteten i de svenska verksamheterna som berörs av FCC-ee då denna planeras stå klar först 2048.

Utreda hur riktade stöd påverkar forskningssystemet

För att en satsning på högenergipartikelfysikområdet ska lyckas är det centralt att lärosätena avsätter medel för att skapa nya tjänster inom området. Samtidigt som universiteten fattar sina rekryteringsbeslut självständigt är dessa i praktiken starkt beroende av extern finansiering, det vill säga tjänster utlyses eller går in i en tillsvidare-fas, först när en forskare erhållit ett större bidrag från till exempel ERC eller KAW. Givet att den principen inte ändras, och om FCC genomförs, bör en långsiktig externfinansiering skapas för området. Som påpekats i Vetenskapsrådets tidigare utredning och landskapsanalys av området – [Accelerator-based infrastructures in the fields of particle and nuclear physics](#) – är det viktigt att finansierare och lärosäten för en diskussion om dessa frågor.

En riktad satsning inom högenergipartikelfysik skulle garantera att det finns svenska forskare som kan nyttja FCC för högsta möjliga vetenskapliga utväxling på infrastrukturinvesteringen. Det finns idag satsningar som går i den riktningen, till exempel Vetenskapsrådets Röntgen-Ångström-utlysning för att stimulera forskning kopplad till stora investeringar inom synkrotron-, frielektronlaser- och neutroninfrastrukturer. Detta är dock ett bilateralt avtal som tillkom för att knyta svensk och tysk forskning närmare varandra under ESS konstruktionsfas och bidragets livslängd är inte tydligt. Dessutom är dessa medel en del av en öppen

projektutlysning inom området och inte pengar till ytterligare tjänster vid lärosäten.

En viktig faktor att inkludera, om en rambidragsform skulle diskuteras, är hur denna ska begränsas. Det finns många områden med tillhörande infrastruktur (till exempel fusionsområdet eller synkrotronljusforskning) som på goda grunder också kan hävda behovet av ett svenskt rambidrag.

Förutom rambidrag finns även andra verktyg, som forskarskolor, excellensdrivande satsningar, centrum- och institutsatsningar men även där måste hänsyn tas till andra områden där riktade satsningar också skulle kunna vara motiverade.

Ett alltför vidlyftigt rambidragssystem kan leda till en kraftig urholkning av de redan begränsade befintliga medlen för fria projektbidrag hos Vetenskapsrådet, om inte ett signifikant tillskott ges från regeringen. För att kunna diskutera ett riktat stöd till högenergipartikelfysik måste dess omfattning beräknas och dess övergripande konsekvenser för svensk forskning analyseras.

Ett riktat stöd måste också attrahera rätt individer. Om högenergipartikelfysikfältet inte lyckas upprätthålla en stark attraktionskraft, till exempel genom upptäckter som får stort genomslag även utanför partikelfysiken, finns en risk att forskare på sikt lämnar fältet och att det samtidigt blir svårare att attrahera nya generationer forskare. Det är också svårt att veta hur universiteten kommer ställa sig till ytterligare satsningar på partikelfysik och FCC, i och med att öronmärkta satsningar generellt har en tendens att tränga ut annan typ av forskning vid universiteten.

2.5 Svenskar direktanställda vid CERN

Utöver de svenska forskargrupperna som är verksamma vid CERN finns ett antal svenskar som är direkt anställda av CERN. De flesta av dessa har inte någon direkt koppling till svenska lärosäten. Enligt CERN:s statistik utgör dessa 25 personer, vilket motsvarar 0,9 % av totalt antal anställda (2 704 personer). Detta är alltså en betydligt lägre andel än det svenska finansiella bidraget som utgör omkring 2,5 % av CERN:s medlemsavgifter.

Svenskar direkt anställda av CERN fördelas enligt följande: en forskare, 16 personer inom tekniskt arbete, tre personer inom manuellt arbete och fem inom administration. Medelåldern är förhållandevis hög, 64 % (16 av 25 anställda) är 51 år eller äldre. Motsvarande siffra för hela CERN är 39 % (anställda 51 år eller äldre).

3 Tekniska aspekter av det svenska CERN-medlemskapet

Den svenska tekniska utväxlingen när det gäller CERN har hittills varit svag, CERN räknar idag Sverige till ett av länderna med svag industriåterbäring (investeringar och in-kind-leveranser) relativt vår medlemsandel. CERN har dock indirekt haft avgörande betydelse för utvecklingen av till exempel ESS och MAX IV (se avsnitt 4.2).

En av orsakerna till den svaga industriåterbäringen till Sverige kan vara att det svenska forskningslandskapet är förhållandevis svagt vad gäller instrumentering. I dagsläget sker mycket experimentell forskning med hjälp av kommersiellt byggda instrument som ofta underhålls av de kommersiella företagens egna tekniker. Detta har inneburit att det finns väldigt få forskningsledare idag som är inriktade mot instrumentbygge. En tydlig indikation på detta är att såväl antalet som storleken på mekaniska verkstäder på svenska lärosäten minskar. Det är framför allt denna typ av forskningsgrupper som kan skapa kontakter med eller starta nya relevanta företag i Sverige, vilka i sin tur skulle kunna vara konkurrenskraftiga i upphandlingar från internationella infrastrukturer så som CERN. Den forskning kring teknikutveckling på CERN som kopplar till svenska lärosäten är framför allt verksamheten vid till FREIA-laboratoriet i Uppsala och deras deltagande i ett utvecklingsprojekt av magneter till CERN.

En annan begränsande faktor är kompetens för att delta i upphandlingar från CERN. För mindre företag och företag utan tidigare erfarenhet av denna typ av upphandling är det svårt och tidskrävande att skriva konkurrenskraftiga upphandlingsunderlag även om de besitter en teknisk kompetens som skulle kunna vara av intresse för CERN. För dessa skulle ett stöd som motsvarar det som en forskare får från forskningskontor på universitet vara mycket värdefullt. Här behövs både expertis för att formulera upphandlingsunderlag och finansiellt stöd då upphandlingsunderlag ofta är av sådan omfattning att små företag inte kan, eller vågar, ta risken att investera den tid det tar att delta i en upphandling.

Ytterligare en aspekt är att det är absolut nödvändigt för ett företag att vara med i ett tidigt skede i en upphandlingsprocess. Långt innan en upphandling utlyses förs den tekniska diskussion som starkt påverkar den design som slutligen specificeras i upphandlingen. Om inte företaget är med i denna inledande fas är det stor risk att den tekniska lösning som förordas i upphandlingen inte matchar företagets kompetens.

Ett viktigt steg för att förbättra den svenska återbäringen i form av kontrakt till svenska företag, möjligen till viss del som en effekt av konstruktionen av ESS, är bildandet av Big Science Sweden (BiSS). Sverige har här fått en organisation som samordnar svenska företag och ökar dess attraktionskraft i kommande upphandlingar. BiSS står dessutom väl förberedda inför ett FCC, vilket är en

noterbar skillnad jämfört med när arbetet med LHC startade, då inget motsvarande fanns på plats för svensk räkning. För att få en mer fullständig bild av de svenska möjligheterna bör därför BiSS inspel i frågan beaktas.

Inte desto mindre är det av avgörande betydelse att man i förhandlingar kring FCC skapar en rimlig mekanism för fördelningen av det kommersiella återförandet till de länder som finansierar CERN:s verksamhet. Här vill vi också lyfta vikten av att ha svensk personal på plats på CERN, där vi idag underpresterar som medlemsland (se avsnitt 2.5), för att kunna möjliggöra ett större inflytande över processer som rör upphandling av leveranser.

4 Övriga medskick från genomlysningen

4.1 CERN:s betydelse för svensk partikelfysikforskning

För svensk forskning i högenergifysik är CERN helt avgörande. Det är utan konkurrens den globalt ledande infrastrukturen inom fältet och svenska forskare har framskjutna roller vid CERN idag, även om de till antalet är färre än vad som motsvarar den svenska investeringen i CERN. High-Luminosity LHC kommer, när den uppgraderade acceleratorn startar 2030, att vara den nya ledande faciliteten i fältet fram till cirka 2040. För den fortsatta verksamheten krävs därefter ett steg upp i acceleratorenergi. Det råder stor enighet bland forskare i fältet att en cirkuläraccelerator som FCC är det enda realistiska alternativet som finns idag. Det finns alternativa idéer, så som en myonkolliderare, men det är verkligen ett framtidsprojekt där avgörande tekniska problem först måste lösas.

Med en satsning på FCC finns det en stor potential för forskningsfältet, och där kommer svenska forskare kunna spela en stor roll.

En utebliven satsning på FCC skulle inte innebära något omedelbart problem eftersom High-Luminosity LHC kommer vara en ledande anläggning under mer än ett decennium framåt. Samtidigt behöver CERN i så fall mycket snart ta fram en ny långsiktig plan för hur CERN ska utvecklas utan FCC. Planering och konstruktion av en avancerad partikelaccelerator tar decennier.

I det fall Kina bygger Circular Electron Positron Collider (CEPC) skulle detta bli den ledande noden i fältet. Svenska forskare skulle fortfarande kunna delta utifrån uppställda avgifts- och samarbetsavtal men det är då ett troligt utfall att den svenska partikelfysiken på sikt skulle klinga av.

I det fall varken FCC eller någon annan nästa generations kolliderare skulle byggas globalt, skulle forskning inom högenergifysik över en längre tidsperiod minska på ett avgörande sätt. Det kommer inte vara alltför attraktivt att påbörja en forskarutbildning idag om man har vetskapen om att den ledande forskningsanläggningen kommer avsluta verksamheten inom en 10-årsperiod, dvs. vid den tidpunkt då en ny doktorand idag skulle vara redo att söka ett lektorat.

4.2 CERN:s betydelse för andra infrastrukturer, naturvetenskapliga och tekniska forsknings- och utvecklingsområden

Som en världsledande forskningsanläggning har CERN haft stor betydelse för många andra infrastrukturer. Genom den kontinuerliga utvecklingen av nya accelerators har nya tekniska lösningar inom områden som vakuumteknik,

kryoteknologi, RF-generering, datahantering och detektorer skapats. Många av dessa framsteg har varit avgörande till exempel för utvecklingen av MAX IV och ESS.

I de fall FCC byggs kommer denna process att fortsätta, men kanske inte vara lika tydligt. En avsevärd del av kostnaden och utvecklingen av FCC-ee ligger i byggandet av tunneln. Den vetenskapliga anläggningen bygger mer på etablerad teknik, vilket förts fram som en styrka när genomförbarheten diskuteras. Med detta sagt kommer det med säkerhet att ske teknisk utveckling i samband med bygget, framför allt på detektor- och datainsamlingsidan.

Den tekniska utvecklingen drivs framför allt av den forskningsstruktur som jobbar med de mest nyskapande projekten. Där har CERN länge varit en ledande aktör, men den globala forskningsutvecklingen står och faller inte med att FCC byggs. I det fall FCC inte byggs kommer rollen som teknikdrivande anläggning delvis att flytta till andra anläggningar globalt, exempelvis till anläggningar som LIGO, SKA och ITER.

CERN är idag världsledande inom acceleratorutveckling. Mycket av den teknologi som används inom dagens synkrotroner, frielektronlasrar, strålningsterapi med mera kommer ursprungligen från partikelfysiken.

Det är här viktigt att påpeka att CERN befinner sig i ett ekosystem av infrastrukturer och laboratorier där man ger och tar, utbyter och stärker varandras kompetenser. Idag har exempelvis ESS och flera andra infrastrukturer utvecklat spetskompetenser som även CERN kan ta del av, och ledande forskare och tekniker på ESS har sin bakgrund på CERN.

Nedan följer några konkreta exempel på bidrag från CERN till MAX IV och ESS:

- MAX IV:s 3 GeV-ring uppnår sitt ultrahöga vakuum genom att använda den NEG-coating-teknik som utvecklats på CERN för LHC.
- Designen för de accelererande strukturerna och effektkopplare i ESS linjäraccelerator är hämtade från CERN:s Linac4. ESS använder också strålfilmätare från CERN.
- CERN har flera samarbeten med ESS, till exempel kring utvecklingen av nya RF-system med hög spänning och hög effektivitet. Totalt har CERN och ESS mer än 30 samarbetsavtal inom olika områden.

Ett annat exempel på CERN:s betydelse för andra områden är inom datahantering. För 20–30 år sedan var CERN absolut ledande när det gäller hantering av stora datamängder, där skapandet av World Wide Web tillhör en av de absolut mest omvälvande innovationerna långt utanför partikelfysiken. Detta initierades av de enorma datamängder som genererades vid CERN. Med framväxten av andra större infrastrukturer, AI och skapandet av stora datamängder inom en lång rad områden är inte CERN längre den nod i världen där datamängder av signifikant annorlunda storlek hanteras. Det är därför rimligt att anta att CERN kommer att vara en viktig aktör i framtiden inom detta område, men till skillnad från tidigare, en bland flera andra.

Mer svårkvantifierade, men nog så viktiga, områden där CERN bidrar med erfarenhet och kompetens är logistik och erfarenhet av att rent organisationsmässigt bedriva stora internationella samarbeten.

4.3 Hur medlemskap i CERN bidrar till bilden av Sverige som forskningsnation.

CERN är Europas, och kanske världens, mest välkända forskningsanläggning och ett av få vetenskapliga projekt som är känt också utanför de vetenskapliga kretsarna. Detta beror säkerligen på en kombination av den enorma anläggningen, de intressanta fundamentala forskningsfrågorna som man försöker besvara och en mycket aktiv utåtriktad verksamhet med tiotusentals besökare varje år. Denna position som ett vetenskapligt flaggskepp tar mycket lång tid att bygga upp och det är inte troligt någon annan anläggning till fullo kan ta över denna roll.

Med det sagt är det symboliskt viktigt att Sverige är medlem i CERN. Det skulle troligen ses som att Sverige abdikerar från rollen som en ledande forskningsnation om vi inte fortsätter som medlemmar eller röstar emot nästa steg i utvecklingen.

CERN är ett av få forskningscentra där Europa har en världsunik position. Den enda facilitet som kan komma i närheten är ITER när den anläggningen tas i drift inom några år. Om Sverige med trovärdighet vill hävda sig som en ledande forskningsnation är det helt enkelt nödvändigt att vi, som ett av grundarländerna, fortsätter forskningen på CERN genom ett fullvärdigt medlemskap, vilket också medför ett deltagande i FCC om denna anläggning byggs.

4.4 FCC:s betydelse som flaggskepp

För att CERN ska kunna behålla sin världsunika position som forskningscenter krävs att FCC byggs, och det går inte att identifiera ett alternativ för detta syfte. Detta säger den europeiska strategigrupp som utarbetar den kommande uppdaterade europeiska partikelfysikstrategin (ESPP). Utan FCC är det möjligt att Kina går vidare med CEPC i framtiden (den finns dock inte med i innevarande kinesiska femårsplan 2026-2030), och då har CERN inte längre kvar sin roll som världens ledande partikelfysiklaboratorium.

Det finns i nuläget heller inga tekniskt mogna alternativ till FCC som skulle medföra att CERN klarar konkurrensen från ett tänkt CEPC. Utan flaggskepp kommer central kompetens att flytta till andra områden och den kompetensen kommer vid en senarelagd satsning vara mycket svåra att få tillbaka.

I ett scenario där CEPC byggs försvinner dessutom den kompetensen till Kina och de svenska forskare som vill bedriva spetsforskning inom högenergifysik kommer att behöva söka sig till denna anläggning. Om vi ser på det förhållandevis svaga intresset bland svenskar att söka sig fysiskt till CERN är det ett rimligt antagande att en förflyttning av det världsledande forsknings-

centret till Kina kommer innebära en kraftig minskning av den svenska forskningen i högenergifysik.

Det är också viktigt att klarlägga hur CERN och Kina ser på ett vetenskapligt samarbete kring FCC. Kina skulle kunna ge ett värdefullt bidrag till CERN, men det måste också diskuteras i samklang med den styrmodell som man går in med för FCC.

4.5 Den vetenskapliga motiveringen för FCC

Högenergifysiken har varit oerhört framgångsrik såväl experimentellt som teoretiskt fram till och med standardmodellen. Experimenten vid LEP, föregångarna till LHC, pekade mot existens av Higgsbosonen inom ett energiområde tillgängligt för LHC och denna partikel upptäcktes i denna anläggning 2012. Den är en helt unik partikel (den enda av sitt slag i standard-modellen) som dessutom är kopplad till många av standardmodellens tillkortakommanden. Det finns därför starkt vetenskapliga skäl för att studera Higgsbosonen mer i detalj, vilket man kommer kunna göra med FCC-ee. Denna anläggning kommer även att möjliggöra detaljstudier av W- och Z-bosonerna samt toppkvarken med en precision som är storleksordningar bättre än dagens. Detta ger en känslighet för ny fysik långt över FCC-ee:s egna energinivåer. Tack vare den stora datamängden, i kombination med nya analysverktyg, har FCC-ee även en unik känslighet för ny fysik.

Det är en central forskningsfråga att leta efter ny fysik bortom standardmodellen. Idag finns inga tydliga teoretiska fingervisningar om att ny fysik kommer att göra sig gällande på de energiskalor vi skulle kunna nå med FCC (vare sig ee eller hh). Däremot finns en förhoppning att FCC-ee ska kunna ge indikationer på ny fysik inför ett framtida beslut om genomförande av FCC-hh. Kombinationen av större datamängder, högre precision i mätningar och nya datahanteringsmodeller skulle kunna vara nyckeln till att hitta ny fysik vid studier via FCC-ee. Om FCC-ee inte ger några som helst indikationer på ny fysik inom det energiområde som kommer kunna nås med FCC-hh, blir det svårt att motivera denna andra fas av FCC.

Sammantaget kan därför sägas, även om det här finns ett brett spektrum av åsikter, att den vetenskapliga motiveringen för FCC är svagare än den var för LHC, speciellt i relation till storleken på satsningen. Detta, liksom en plan för hur resultaten från det första steget FCC-ee skall värderas inför framtida diskussioner om FCC-hh, måste också tas med i den svenska diskussionen kring FCC.

5 Beskrivning av genomlysningssuppdraget

Som en del i Vetenskapsrådets arbete med underlag till en svensk position i överläggningarna om ett möjligt nytt flaggskepp vid CERN, Future Circular Collider (FCC), har myndigheten beställt en genomlysning av det svenska CERN-medlemskapet.

Genomlysningen ska beskriva:

- Dagens nyttjandegrad samt mervärdet för svensk forskning av det svenska medlemskap i CERN
- Svenska forskargrupper vars forskning idag är beroende av, respektive stärks betydligt av, det svenska medlemskapet i CERN; vid vilka lärosäten finns de och hur ser den sammantagna fördelningen över karriäråldrar ut?
- I vilken utsträckning forskargrupperna i de två kategorierna (beroende av respektive stärks betydligt av medlemskapet i CERN) nyttjar andra forskningsinfrastrukturer idag, samt en framåtblick hur detta skulle kunna förändras med eller utan FCC.
- Om Sverige har en tillräckligt god tillväxt inom partikelfysikområdet (experiment och teori), eller om fältet behöver stärkas.
- Vilka eventuella åtgärder som Sverige bör vidta för att stärka utväxlingen från CERN, med eller utan FCC.

Samt i mån av tid kommentera betydelsen av CERN idag:

- Som europeisk och internationell samverkansplattform
- För andra infrastrukturer (samarbete, teknikutbyte och organisatoriska lärdomar)
- För andra forskningsområden; tekniker, algoritmer, studenter (exempelvis EuroBioImaging, Open Science, AI och kvantberäkningar), idag, och hur det skulle förändras i de två framtidsscenarierna (med respektive utan FCC).
- För datahantering och software (exempelvis WLCG och dess nordiska nod Tier1) idag.
- För bilden av Sverige som forskningsnation.

Tiden för uppdraget är begränsad till drygt två kalendermånader.

Genomlysningen görs utifrån en uppdatering av de delar som behandlar CERN, i den omfattande utredning och landskapsanalys av acceleratorbaserade infrastrukturer inom partikel- och kärnfysik som genomförts tidigare av Vetenskapsrådet: [Accelerator-based infrastructures in the fields of particle and nuclear physics](#).