



Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen 2018

Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen 2018

VR1809
ISBN 978-91-7307-367-7

Swedish Research Council
Vetenskapsrådet
Box 1035
SE-101 38 Stockholm, Sweden

Innehåll

Förord.....	4
Sammanfattning	5
1. Inledning.....	7
1.1 Strategiska prioriteringar och rekommendationer för perioden 2019–2023... 10	
2. Övergripande definitioner, målsättningar och principer för finansiering av forskningsinfrastruktur	13
2.1 Definition av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse	13
2.2 Målsättningar och principer för finansiering av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse	14
2.2.1 Behovsinventering och riktad utlysning.....	14
2.2.2 Finansiering och drift av nationella infrastrukturer.....	15
2.2.3 Internationella infrastrukturer.....	16
2.2.4 En modell passar inte alla	16
2.3 Öppen tillgång till forskningsdata.....	16
2.4 Näringsliv, offentlig sektor och andra användare.....	18
3. Utvecklingen inom infrastrukturuområdet och framtidens utmaningar	19
3.1 Infrastrukturer för att förstå människan, kulturer och samhällen.....	19
3.2 Livsvetenskaper samt medicin och hälsa.....	21
3.3 Material och livets beståndsdelar.....	22
3.4 Universums minsta beståndsdelar	23
3.5 Rymden	24
3.6 Jordens klimat och miljö.....	25
3.7 Teknik och energi.....	25
3.8 e-Infrastruktur	26
4. Infrastrukturer för humaniora, samhällsvetenskap, livsvetenskaper, medicin och hälsa.....	28
4.1 Nyckelfrågor.....	28
4.2 Områden med behov av utveckling, förändrad finansiering eller andra åtgärder	31
4.2.1 Databaser och registerdata.....	31
4.2.2 Aggregerade och kontextuella data	32
4.2.3 Digitaliserat kulturarv och laborativ arkeologi	32
4.2.4 Verklighetslabb	32

4.2.5 Biologisk/medicinsk utbildning	32
4.2.6 Storskaliga molekylära studier	33
4.2.7 Biobanker	33
4.2.8 Bioinformatik	33
4.2.9 Säkerhetslabb	34
4.2.10 Försöksdjur	34
4.3 Rekommendationer	34
5. Observatorier och andra mätplattformar för astronomi, klimat, miljö och geovetenskap	36
5.1 Nyckelfrågor	36
5.2 Områden med behov av utveckling, förändrad finansiering eller andra åtgärder	37
5.2.1 Astronomi och astropartikelfysik	37
5.2.2 Rymdfysik	38
5.2.3 Geovetenskaper	38
5.2.4 Klimat och miljö	38
5.3 Rekommendationer	39
6. Högteknologilaboratorier för fysik, kemi, material-, teknik- och livsvetenskaper	40
6.1 Nyckelfrågor	40
6.2 Områden med behov av utveckling, ändrad finansiering eller andra åtgärder	42
6.2.1 Kemi, tillämpad fysik, material-, teknik- och livsvetenskaper	42
6.2.2 Partikel-, hadron- och kärnfysik	43
6.3 Rekommendationer	44
7. e-Infrastruktur	46
7.1 Nyckelfrågor	46
7.2 Områden med behov av utveckling, förändrad finansiering eller andra åtgärder	47
7.3 Rekommendationer	49
Bilaga 1. Akronym och ordförklaringar	51

Förord

Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen 2018 är en vägvisare för den fortsatta utvecklingen av svensk forskningsinfrastruktur. Målsättningen är att peka på behov, utmaningar och möjligheter avseende forskningsinfrastruktur och att föra fram rekommendationer med syfte att stärka svensk forskning och därmed hela samhällsutvecklingen. Guiden ingår också som en del av det kunskapsunderlag som Vetenskapsrådet sammanställer för att bidra med beslutsunderlag inför kommande forskningspropositioner och för prioriteringar inom ämnesråd, råd och kommittéer.

Vetenskapsrådet har via Rådet för forskningens infrastrukturer (RFI) ett övergripande ansvar för Sveriges nationella forskningsinfrastrukturer och svensk medverkan i internationella infrastrukturer. Då infrastrukturprojekt är förhållandevis fåtaliga men samtidigt storskaliga, kostsamma och långsiktiga krävs samarbeten mellan organisationer, vetenskapsområden och i många fall länder. Vetenskapsrådet ser sig därför som en bland flera aktörer med ansvar att förse svensk forskning med nödvändig infrastruktur och behovet av samverkan mellan forskningsfinansiärer och lärosäten avspeglas tydligt i den föreliggande guiden. Vår förhoppning är att 2018 års guide ska utgöra ett underlag för att ytterligare stärka samverkan och förtydliga arbetsfördelningen i det svenska forskningssystemet. Då det är forskningens utveckling som styr behoven av forskningsinfrastruktur hoppas vi också att guiden ska bidra till diskussioner och engagemang kring infrastrukturfrågor bland forskare verksamma i Sverige.

Björn Halleröd
Huvudsekreterare forskningens infrastruktur

Jan-Eric Sundgren
Ordförande Rådet för forskningens infrastruktur

Sammanfattning

Sverige har ambitionen att vara en av de allra mest avancerade kunskapsnationerna. En förutsättning för att uppnå detta är att forskare verksamma i Sverige ges de bästa möjligheterna att bedriva framstående forskning. En sådan grundläggande förutsättning är tillgång till avancerade forskningsinfrastrukturer.

Forskningens behov av infrastruktur – stora forskningsanläggningar, laboratoriemiljöer, experimentverkstäder, komplexa digitala forskningssystem och omfattande databaser – ökar snabbt inom de allra flesta forskningsområden. Teknisk utveckling och allt mer komplexa vetenskapliga frågeställningar driver simultant utveckling framåt. Kraven på att kunna studera förändring och dess orsaker ökar vilket i sin tur förutsätter observationer som täcker långa tidsperioder. Inte minst gäller detta miljö- och klimatforskning, humaniora, samhällsvetenskap och stora delar av den medicinska forskningen. Grundläggande kunskap om vårt universum, materials egenskaper, cellers funktioner och materians inre egenskaper ställer krav på avancerade instrument. Komplexa frågeställningar kräver också att data och observationer från flera källor kan kombineras. Genomgående ökar därtill behoven av att kunna lagra, överföra och analysera stora datamängder mycket snabbt. I många fall innebär utvecklingen att barriärer mellan forskningsdiscipliner bryts ner och att behoven av internationella samarbeten ökar. Avancerad forskningsinfrastruktur utgör också en resurs för industrin och är i många fall en förutsättning för samarbeten mellan industri och akademi.

För att möta utvecklingen behövs ökade investeringar i forskningsinfrastruktur. Samtidigt krävs skarpare prioriteringar, bättre samordning, effektivare utnyttjande av svensk forskningsinfrastruktur och medverkan i internationella satsningar. För att uppnå detta har Vetenskapsrådet börjat tillämpa en ny modell för prioritering av infrastruktursatsningar genom att stärka dialogen med svenska lärosäten, som är viktiga finansiärer av forskningsinfrastruktur, och andra finansiärer. Det är också nödvändigt att ekonomiska resurser tillförs som möjliggör för Vetenskapsrådet att ta det övergripande nationella ansvaret för Sveriges nationella forskningsinfrastrukturer och svensk medverkan i internationella infrastrukturer.

Satsningar på forskningsinfrastruktur styrs av forskningens behov, samtidigt skapar avancerade infrastrukturer förutsättningar för forskningens utveckling. Satsningar på forskningsinfrastruktur är därför alltid av forskningsstrategisk betydelse. Arbetet med att koordinera satsningar på infrastruktur och satsningar på forskning och utbildning måste därför ytterligare intensifieras. Väl utformade användarstöd och utbildningsinsatser är nödvändiga. Det behövs betydande insatser, inte minst vid våra lärosäten, för att bygga den kompetens som behövs för att svensk forskning ska kunna dra nytta av de möjligheter som avancerade infrastrukturer erbjuder.

Att stimulera forskare att engagera sig i utveckling och drift av forskningsinfra-

strukturer är nödvändigt för att bygga och driva avancerad forskningsinfrastruktur. De som arbetar vid infrastrukturen måste också erbjudas goda arbetsvillkor, kompetensutveckling och karriärmöjligheter. Meriter från uppbyggnad och drift av forskningsinfrastrukturer måste uppvärderas och beaktas vid tjänstetillsättningar. Diskussionen om forskares karriärvägar och meritering behöver föras samordnat, både vid svenska lärosäten och bland forskningsfinansiärer.

Deltagande i infrastrukturprojekt innebär möjligheter för svenska forskare och svensk industri att medverka i instrument- och teknikutveckling. En aktiv medverkan från svensk industri behöver uppmuntras och stödjas. En tydlig finansieringsmodell för leveranser till forskningsinfrastrukturer bör organiseras. För att uppnå detta fordras samverkan med industrin och tydligare samordning mellan forskningsfinansiärer, berörda departement, samt universitet och högskolor.

De stora satsningar som görs på MAX IV och ESS är i särklass ur ett svenskt perspektiv. I samband med att MAX IV tar steget från konstruktions- till driftsfas krävs att en långsiktig finansiering av anläggningen säkerställs. Samtidigt måste Sverige på bästa sätt fullgöra åtagandet som värd för ESS och förbereda det svenska forskarsamhället för idrifttagandet av anläggningen. Att medel även fortsättningsvis tillskjuts för att klara dessa åtaganden utan att andra nödvändiga satsningar på svensk forskning och forskningsinfrastruktur riskeras är av stor vikt.

Investeringar i e-infrastruktur – datorresurser för beräkning, analys, lagring och digital kommunikation – måste öka för att möta snabbt ökade datavolymer och forskningens behov att analysera allt större och komplexare datamängder. Satsningar på användarstöd och utbildning behöver genomsyra hela forskningssystemet och innefatta allmän kompetenshöjning och ökad tillgång till expertis vid lärosätena. Nationella aktörer, som Vetenskapsrådet och svenska lärosäten, behöver tillsammans fortsätta att utveckla finansieringsmodeller för e-infrastruktur. Sverige bör också ta aktiv del i många av de internationella samarbeten som nu pågår och planeras.

Öppna forskningsdata innebär möjligheter men är också en stor utmaning. Omfattande resurser kommer att behövas för att säkerställa att data lagras på sätt som lever upp till principerna för tillgänglighet och reproducerbarhet. Dessutom behövs åtgärder för förbättrad datahantering och framtagande av principer för vilka data som ska sparas. Processen mot öppna forskningsdata måste drivas på ett sätt som är ekonomiskt försvarbart och som gynnar forskningens kvalitet.

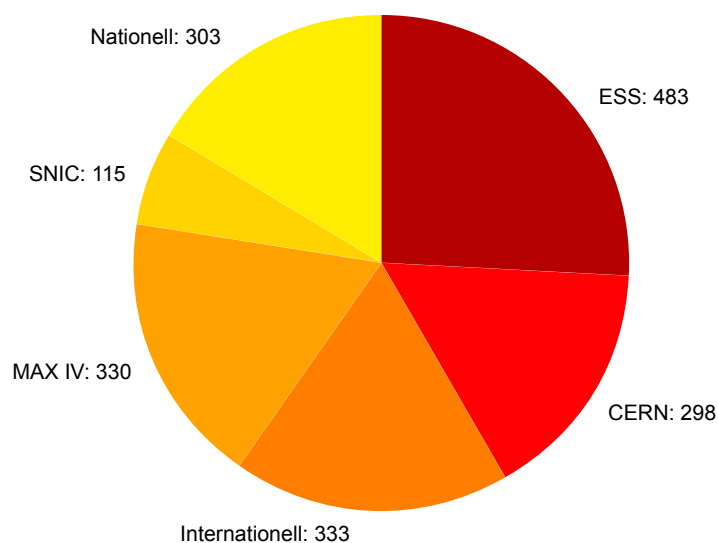
Värnandet av den personliga integriteten är centralt för forskningens trovärdighet och legitimitet. Givet detta är det angeläget att utvecklingen av svensk lagstiftning utformas så att forskningen kan nyttja existerande data på ett optimalt sätt och att systematisk uppbyggnad av forskningsdata möjliggörs. Det är också viktigt att anpassning av svensk lagstiftning och rättspraxis till den europeiska dataskyddsförordningen GDPR görs utifrån kunskap om forskningens behov.

1. Inledning

Vetenskapsrådet har via Rådet för forskningens infrastrukturer (RFI) ett övergripande ansvar för Sveriges nationella forskningsinfrastrukturer och svensk medverkan i internationella infrastrukturer. Målsättningen är att ge det svenska forskarsamhället bästa möjliga förutsättningar att bedriva avancerad forskning och därmed medverka till Vetenskapsrådets uppdrag att möjliggöra forskning av högsta vetenskapliga kvalitet och bidra till Sveriges ambition att vara en av de allra mest avancerade kunskapsnationerna. Föreliggande guide är Vetenskapsrådets vägvisare för Sveriges långsiktiga behov av forskningsinfrastruktur. Målsättningen med guiden är att peka på behov, utmaningar och möjligheter avseende forskningsinfrastruktur och att ge rekommendationer med syfte att stärka svensk forskning.

En forskningsinfrastruktur av nationellt intresse avser att tillhandahålla resurser som möjliggör forskning för flera forskargrupper och olika projekt inom ett eller flera forskningsområden. Forskningsinfrastrukturer utgörs exempelvis av stora forskningsanläggningar, laboratoriemiljöer, experimentverkstäder, komplexa digitala forskningssystem och databaser men även experter och nätverk av experter.

2018 års guide till infrastrukturen är en vidareutveckling och uppdatering av den guide som publicerades år 2014. Från och med år 2015 har en ny modell för finansiering och prioritering av forskningsinfrastruktur, se nedan, implementerats. Den nya modellen har även fått konsekvenser för disponering av 2018-års version av guiden till infrastrukturen. Till skillnad från tidigare innehåller 2018 års guide inte konkreta förslag rörande prioriteringar av specifika infrastrukturer. Konkreta förslag återfinns istället i en bilaga till guiden. Likaledes har systematiska beskrivningar av enskilda infrastrukturer lyfts ut ur guidetexten och återfinns istället på Vetenskapsrådets webbplats. 2018 års guide har därmed ett fokus på generella behov och utvecklingstrender. När enskilda infrastrukturer nämns är det i regel för att exemplifiera sådana behov och trender. Trots dessa förändringar är det dock mycket som känns igen från 2014 års guide och, även om utvecklingen inom många områden är snabb, kvarstår ofta grundläggande behov och stora utmaningar. Under år 2018 allokerar Vetenskapsrådet totalt nästan 1,9 miljarder kronor till forskningsinfrastruktur. En betydande del, 483 miljoner, avser investering i den europeiska neutronkällan ESS. Drygt 600 miljoner används för att finansiera internationella infrastrukturer. Bland dessa är den europeiska partikelfysikanläggningen CERN störst och Vetenskapsrådets samlade omkostnad för medlemsavgift och experiment är 2018 närmare 300 miljoner. Övriga internationella åtaganden, vilka år 2018 omfattade drygt 30 olika infrastrukturer, uppgick till cirka 300 miljoner.



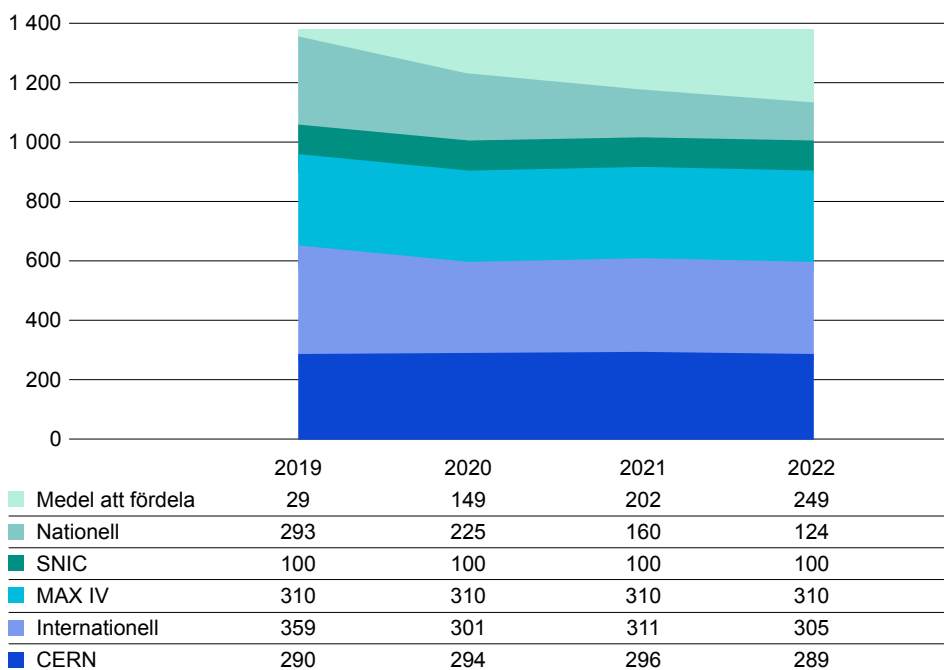
Figur 1. Vetenskapsrådets finansiering av forskningsinfrastruktur år 2018 (miljoner kronor)

Den svenska synkrotronljusanläggningen MAX IV utgör Vetenskapsrådets enskilt största nationella åtagande och 2018 investeras 330 miljoner i anläggningen. Till SNIC, som tillhandahåller resurser för databehandling, datalagring och användarstöd, allokerade Vetenskapsrådet drygt 100 miljoner. Vetenskapsrådets investering i övrig nationell infrastruktur uppgår år 2018 till cirka 300 miljoner.

Även om Vetenskapsrådet väljer att avsluta alla åtagande som är möjliga att avsluta och avstår från nya satsningar så kommer de medel som frigörs under perioden 2019–2022 ändå inte räcka till att täcka kända kostnadsökningar. För att möta forskningens behov av infrastruktur krävs därför, vid sidan av effektivisering och prioritering, att Vetenskapsrådet tillförs ökade ekonomiska resurser för investering i forskningsinfrastruktur.

Figur 2 visar budgetprognosen för perioden 2019–2022. Observera att de fortsatta investeringarna för ESS inte är inkluderade i figuren. Under perioden frigörs medel i takt med att tidigare beslutade bidrag upphör och 2020 kan Vetenskapsrådet fördela knappt 150 miljoner kronor. Av figur 2 framgår också att merparten av de medel som frigörs härrör från nationell infrastruktur och i mindre utsträckning internationella åtaganden. Dessa medel kan användas för att göra nya satsningar på forskningsinfrastruktur eller att ge förnyat bidrag till forskningsinfrastruktur som tidigare mottagit bidrag. *Det vill säga, Vetenskapsrådet måste vid varje bidragsbeslut väga nyttan av långsiktighet mot behovet av att förnya Sveriges forskningsinfrastruktur.* Figur 2 visar också att den största delen av de medel som Vetenskapsrådet avsätter till forskningsinfrastruktur är bundna i långsiktiga åtaganden. Samtidigt ökar kostnaderna för forskningsinfrastruktur. I 2014 års guide uppskattade Vetenskapsrådet att enbart kostnaderna för de ökade behoven av e-infrastruktur för beräkning och lagring av data till år 2020 skulle behöva fördubblas till 200 miljoner kronor. Då utvecklingen inom detta område fortsatt att accelerera och att kraven på öppen tillgång till data skärps talar det mesta för att detta är en klar underskattning

av de verkliga behoven. Kostnaderna för att driva MAX IV kommer att öka och år 2023 behöver årligen drygt 70 miljoner tillföras för att klara driften av anläggningen. Samtidigt vet vi att många av de internationella infrastrukturerna regleras av avtal som tenderar att över tid generera ökade kostnader. Det innebär att de medel som frigörs är mindre än kända kostnadsökningar. För att möta behov av infrastruktur krävs därför, vid sidan av effektivisering och prioritering, att Vetenskapsrådet tillförs ökade ekonomiska resurser för investering i forskningsinfrastruktur.



Figur 2. Budgetprognos för Vetenskapsrådets finansiering av forskningsinfrastruktur, exklusive investering i ESS, åren 2019–2022 (miljoner kronor).

Vetenskapsrådet gör alltså betydande satsningar och tar ett övergripande strategiskt ansvar för att säkerställa att svensk forskning har tillgång till avancerad forskningsinfrastruktur. Samtidigt finns en rad andra aktörer som medverkar till att tillgodose behoven av forskningsinfrastruktur. Svenska lärosäten spelar en central roll och har både ett strategiskt och finansiellt ansvar. I de flesta fall är det också lärosätena som har det operativa ansvaret för nationella forskningsinfrastrukturer. Det är lärosätena som äger utrustningen samt ansvarar för anställda och lokaler i samband med drift. Vid sidan av detta har lärosätena också ett ansvar för att tillgodose de lokala behoven av infrastruktur. Ett fungerande samarbete mellan lärosätena och Vetenskapsrådet är därför nödvändigt och Universitetens referensgrupp för forskningsinfrastruktur (URFI) spelar en viktig roll för detta. Vinnova medverkar i flera av de stora infrastruktursatsningarna i Sverige och är engagerade i att tillgängliggöra forskningsinfrastrukturer för svensk industri. Även andra forskningsfinansiärer har stor betydelse för forskningsinfrastruktur. Knut och Alice Wallenbergs stiftelse (KAW) har gjort och gör betydande satsningar inom en rad områden. Riksbankens Jubileumsfond (RJ) bidrar också med specifika satsningar på infrastruktur. För det medicinska området spelar sjukvården och dess omfattande register en central

roll och inom SciLifLab finansieras och organiseras en rad infrastrukturer. Flera myndigheter bidrar också med infrastruktur för forskning. Statistiska Centralbyrån (SCB) och Socialstyrelsen (SoS) är exempel på myndigheter som ansvarar för register som ger forskare unika förutsättningar att bedriva registerbaserad forskning. Andra exempel på myndigheter som bidrar med infrastruktur för forskning är Rymdstyrelsen, Energimyndigheten och Polarforskningssekretariatet, vars ansvarsområden gränsar och till viss del överlappar med Vetenskapsrådets. Det är nödvändigt att både finna former för konstruktivt samarbete och göra tydliga gränsdragningar mellan olika aktörer för att förse svensk forskning med bästa möjliga infrastruktur.

Läsanvisning

2018 års guide till infrastrukturen är organiserad enligt följande: Guiden börjar med ett antal övergripande rekommendationer där Vetenskapsrådet identifierar utvecklingstrender som driver behov av forskningsinfrastruktur och pekar på angelägna åtgärder för utvecklandet av svensk nationell forskningsinfrastruktur. Kapitel 2 redogör för Vetenskapsrådets definition av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse och modell för finansiering av densamma. I kapitel 3 förs en övergripande diskussion om utvecklingen vad gäller forskningsinfrastruktur och framtida utmaningar. Till viss del är detta kapitel en sammanfattning av de fyra områdesöversikterna som följer, men det är också ett försök att knyta samman områdesgemensamma utmaningar och frågeställningar. Därefter följer fyra områdeskapitel som är organiserade efter RFI:s rådgivande grupper (RÅG) ansvarsområden samt ett särskilt kapitel som rör e-infrastruktur. Parallellt med guiden publiceras en bilaga. Guidebilagan innehåller en sammanställning av resultatet från 2017 års behovsinventering och en lista över de infrastrukturer som Vetenskapsrådet stödjer. Dessa beskrivs närmare på Vetenskapsrådets webbplats. Guidebilagan uppdateras vartannat år i samband med behovsinventeringen medan en uppdatering av själva guiden sker vart fjärde år.

1.1 Strategiska prioriteringar och rekommendationer för perioden 2019–2023

Nedan följer ett antal övergripande åtgärder och rekommendationer rörande forskningsinfrastruktur. I de efterföljande fyra områdesöversikterna lyfts mer specifika rekommendationer fram.

Öka de svenska investeringarna i forskningsinfrastruktur. Trenden mot allt mer avancerade, långsiktiga och resurskrävande forskningsinfrastrukturer är tydlig inom de allra flesta forskningsområden. Detta gäller såväl utpräglad grundforskning som mer tillämpad och industrinära forskning. Det betyder i sin tur att kostnaden för forskning ökar. Vetenskapsrådet menar att utvecklingen bör mötas via en kombination av:

- Ökade ekonomiska resurser för investering i forskningsinfrastruktur.
- Effektivisering genom bättre samordning och utnyttjande av existerande infrastrukturer.
- Skarpare prioriteringar av satsningar på forskningsinfrastruktur.

Vetenskapsrådet har ambitionen att ta ett ledande ansvar för utvecklingen vilket kräver tillförsel av ekonomiska resurser, en fortsatt förbättring av processer för

strategisk prioritering samt ett brett samarbete med såväl offentliga som privata aktörer i det svenska forskningssystemet.

Intensifiera koordineringen av forskning och forskningsinfrastruktur. Forskningens behov ska styra satsningar på infrastruktur. Samtidigt innebär satsningar på forskningsinfrastruktur en strategisk styrning av forskningen då infrastrukturerna i sig skapar förutsättningar för forskningens utveckling. Inom många områden finns det ett intimt samband mellan tekniska och metodologiska genombrott och avgörande framsteg i forskningen. Det långsiktiga arbetet med att koordinera satsningar på infrastruktur och satsningar på forskning och utbildning måste därför ytterligare intensifieras. Vetenskapsrådets interna arbete med att integrera de forskningsfinansierande ämnesråden och kommittéerna i prioritering av infrastruktur kommer därför fortsätta. Därutöver behöver det strategiska samarbetet med lärosäten och andra forskningsfinansiärer stärkas ytterligare.

Förtydliga ansvarsfördelningen för forskningens infrastrukturer. Vetenskapsrådet har tillsammans med lärosätena tagit betydande steg för att förtydliga roll- och ansvarsfördelningen för forskningens infrastrukturer. Detta arbete kommer att fortgå och utvecklas. Samtidigt finns ett behov av ytterligare förbättra samordningen mellan statliga finansiärs satsningar på forskningsinfrastruktur. Vid sidan av forskningsfinansiärerna Formas, Forte och Vinnova gäller det även andra myndigheter med stor betydelse för svensk forskning som exempelvis SCB, SoS, Energimyndigheten och Rymdstyrelsen.

Förbättra informationen och stärk användarstödet för öppen tillgänglighet och maximalt utnyttjande av existerande infrastrukturer. Forskningsinfrastrukturer av nationellt intresse ska vara öppet tillgängliga för forskare och andra användare. Vid begränsad tillgång ska prioritering ske på basis av vetenskaplig excellens. Väl utformade användarstöd och utbildningsinsatser är avgörande för att infrastrukturerna ska få genomslag i forskarsamhället och attrahera industri och andra användare. Svenska lärosäten och forskningsinfrastrukturer bör aktivt samverka för att informera om existerande resurser samt utforma handlednings- och utbildningsmaterial för att garantera maximalt nyttjande, engagera nya användargrupper och möta framtidens kompetenskrav. Beaktande av jämställdhet och likabehandling måste genomsyra detta arbete.

Erbjud personal vid forskningsinfrastrukturer kompetensutveckling och tydliga karriärvägar. Det är viktigt att stimulera forskare att engagera sig i uppbyggnad av infrastrukturer och att bistå med experthjälp och teknisk support. Detta kräver utbildningsinsatser både vid landets lärosäten och vid infrastrukturerna i fråga. De som arbetar vid infrastrukturerna ska erbjudas goda arbetsvillkor, kompetensutveckling samt olika karriärvägar. Det är viktigt att meriter från uppbyggnad, utveckling och drift av forskningsinfrastrukturer uppvärderas och beaktas vid tjänstetillsättningar. Diskussionen om forskares meritering och karriärvägar behöver föras samordnat, både vid svenska lärosäten och bland forskningsfinansiärer.

Stärk svenska forskares och svensk industris engagemang i instrument- och teknikutveckling. Såväl nationella som internationella infrastrukturprojekt innebär möjligheter för svenska forskare och svensk industri att medverka i instrument- och teknikutveckling, både vad gäller själva instrumentkonstruktionen och utvecklingen av analysverktyg och stödjande programvara. Svensk teknik är i många avseenden

härvidlag i framkant och en aktiv medverkan från industrin behöver uppmuntras och stödjas. En tydlig finansieringsmodell för utvecklingsarbete och leveranser till forskningsinfrastrukturer bör organiseras. För att uppnå detta krävs samverkan som involverar industrin, forskningsfinansiärer, berörda departement, samt lärosäten.

Fullfölj de stora satsningarna på MAX IV och ESS. De stora satsningar som görs på MAX IV och ESS är unika för ett land av Sveriges storlek och ger möjligheter att främja svensk forskning och stärka Sveriges position som avancerad forskningsnation. I samband med att MAX IV tar steget från konstruktions- till driftsfas måste en långsiktigt hållbar finansiering av anläggningen säkerställas. Samtidigt måste Sverige på bästa sätt fullgöra åtagandet som värd för ESS och förbereda det svenska forskarsamhället för idrifttagandet av anläggningen. Att medel även fortsättningsvis tillskjuts för att klara dessa åtaganden utan att andra nödvändiga satsningar på svensk forskning och forskningsinfrastruktur riskeras är av stor vikt.

Tillför resurser för att klara det snabbt ökande behovet av beräkning, analys, lagring, överföring och tillgängliggörande av data. Ur såväl internationellt som nationellt perspektiv ökar forskningens behov av avancerad e-infrastruktur. Att utveckla de digitala verktygen är nödvändigt för att garantera forskningens kvalitet och förhindra att bristande tillgång till e-infrastruktur utvecklas till en flaskhals för betydande delar av forskningssystemet. Investeringar i datorresurser för beräkning och lagring behöver öka liksom kapaciteten i nätverk för digital kommunikation. Kraftfulla satsningar på avancerat användarstöd och utbildning behöver genomsyra hela forskningssystemet och innefatta allmän kompetenshöjning och ökad tillgång till e-expertis vid lärosätena. Nationella aktörer, som Vetenskapsrådet och svenska lärosäten, behöver tillsammans fortsätta att utveckla finansieringsmodeller för e-infrastruktur. Sverige bör också ta aktiv del i många av de internationella samarbeten som nu utvecklas.

Intensifiera arbetet med att skapa förutsättningar för öppen tillgång till forskningsdata. Öppna data inom forskningen innebär möjligheter men också stora utmaningar för forskningssystemet. Centralt är att processen drivs på ett sätt som är ekonomiskt försvarbart och som på bästa sätt gynnar forskningens kvalitet. Omfattande resurser kommer att krävas för att säkerställa att data lagras på sätt som lever upp till principerna för tillgänglighet och reproducerbarhet. Vid sidan av resurser för lagring och överföring av stora datamängder krävs åtgärder för förbättrad datahantering och framtagande av principer för vilka data som ska sparas. Arbetet mot öppna data måste ske i samverkan mellan lärosäten, forskningsfinansiärer och forskningsinfrastrukturerna.

Utveckla och förtydliga de legala förutsättningarna för hantering av personuppgifter inom forskning. Värnandet av den personliga integriteten är centralt för forskningens trovärdighet och legitimitet. Givet detta är det angeläget att utveckling av svensk lagstiftning utformas så att forskningen kan nyttja existerande data på ett optimalt sätt och att systematisk uppbyggnad av forskningsdata möjliggörs. Det är också viktigt att återstående anpassning av svenska lagstiftning och rättspraxis till den europeiska dataskyddsförordningen GDPR görs utifrån kunskap om forskningens behov. Det är centralt att forskarnas erfarenheter tas till vara och att lärosätena tar aktiv del i att så blir fallet. Vetenskapsrådet har också en betydande roll som rådgivare åt regeringen.

2. Övergripande definitioner, målsättningar och principer för finansiering av forskningsinfrastruktur

2.1 Definition av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse

Genomförandet av avancerad forskning kräver i allt högre grad tillgång till resurser som byggs upp systematiskt under en längre tidsperiod och som normalt går bortom behoven hos enskilda forskningsgrupper. Det kan till exempel röra sig om resurser i form av stora forskningsanläggningar, laboratoriemiljöer, experimentverkstäder, komplexa digitala forskningssystem och databaser men även experter och nätverk av experter. Genom att skapa denna typ av forskningsresurser ges förutsättningar för långsiktig forskning inom hela forskningsområden vilket gör att vi beskriver dem som forskningsinfrastrukturer.

Vetenskapsrådets definition av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse lyder:

- En forskningsinfrastruktur av nationellt intresse avser att tillhandahålla resurser som möjliggör forskning för flera forskargrupper och olika projekt inom ett eller flera forskningsområden.

I tillägg till definitionen tillämpar Vetenskapsrådet ett antal kriterier med avsikt att förtydliga och avgränsa den typ av infrastruktur som finansieras via Rådet för forskningens infrastruktur (RFI). RFI finansierar forskningsinfrastruktur som:

- Möjliggör forskning av högsta vetenskapliga kvalitet och som därmed bidrar till samhällets utveckling.
- Är öppet tillgänglig främst för forskare men även för industri och andra relevanta aktörer verksamma i Sverige. Vid begränsad tillgång ska prioritering i huvudsak ske på basis av vetenskaplig excellens.
- Är av brett nationellt intresse vilket i de flesta fall betyder att forskningsinfrastrukturen utnyttjas av flera forskargrupper och forskare från flera forskande organisationer samt att RFI:s finansiering skapar ett nationellt mervärde.
- Har en långsiktig planering för den vetenskapliga verksamheten.
- Har en långsiktig planering för ledning och styrning, finansiering, kompetensuppbyggnad och utveckling.

Givet definitionen av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse innebär kriterierna att det finns viktiga infrastrukturer som faller utanför RFI:s avgränsning. Den omfattande lokala infrastrukturen är nödvändig för en mycket stor del av den forskning som bedrivs täcks inte in. Här vilar ansvaret på lärosäten och andra forskningsfinansiärer. Det betyder att Vetenskapsrådet ser sig som en bland flera aktörer med ansvar att förse svensk forskning med infrastruktur nödvändig för att bedriva forskning av högsta kvalitet och säkerställa att Sverige även i framtiden kommer att vara en avancerad kunskapsnation.

Att forskningsinfrastrukturer ska vara öppet tillgängliga inbegriper även, beroende på förutsättningarna, öppen tillgång till data. Att infrastrukturerna ska vara tillgängliga för användare verksamma i Sverige ska ses som ett minimikrav. Vetenskapsrådet är positivt till att svenska forskningsinfrastrukturer nyttjas av forskare och andra aktörer ej verksamma i Sverige. Att vara öppet tillgängligt inbegriper också att ett jämställdhetsperspektiv läggs på verksamheten, exempelvis att kvinnor och män ska beredas lika möjligheter att nyttja forskningsinfrastrukturer. Som en del i Vetenskapsrådets jämställdhetsarbete kommer krav att ställas på återrapportering och, i vissa fall, krav på åtgärder rörande jämställdhet.

Vetenskapsrådet finansierar svensk medverkan i flera internationella forskningsinfrastrukturer. Definitionen av infrastruktur och de tillhörande kriterierna omfattar även de internationella infrastrukturerna. Det betyder att svenskt deltagande i sådana infrastrukturer med stöd från Vetenskapsrådet bland annat kräver att det finns ett väl förankrat och brett nationellt intresse.

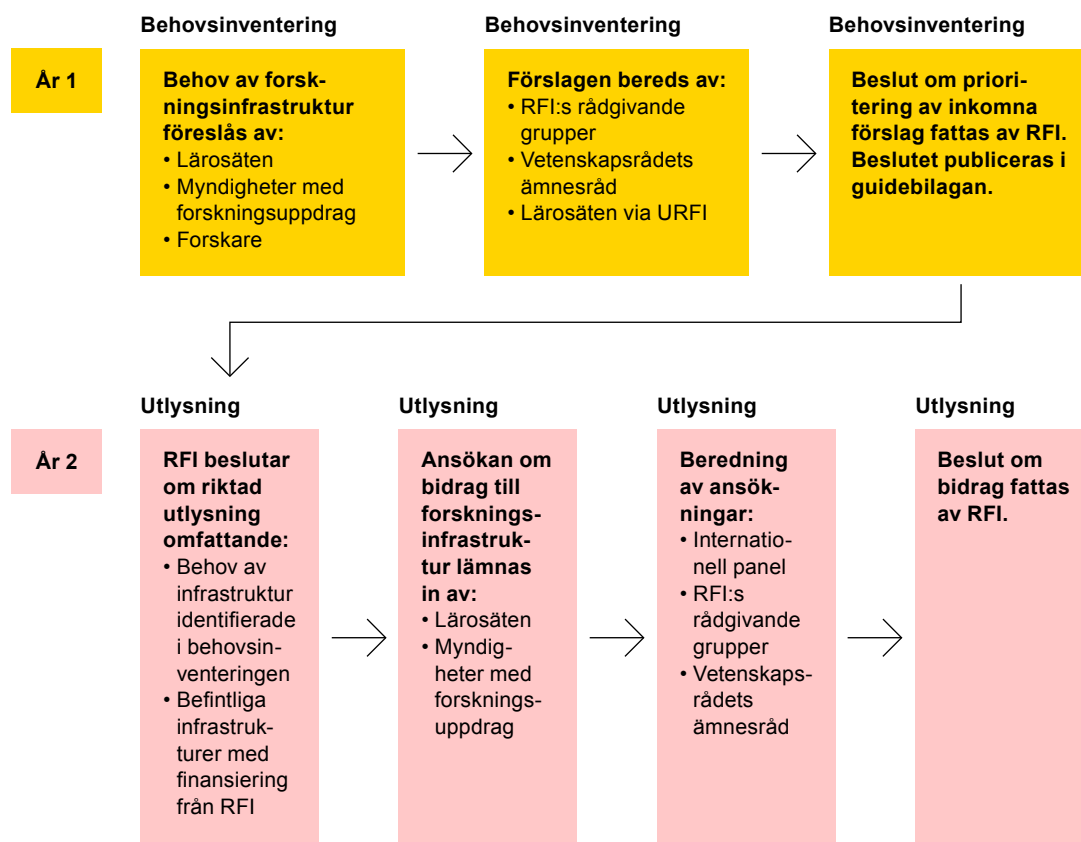
2.2 Målsättningar och principer för finansiering av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse

Vetenskapsrådets övergripande målsättning är att verka för att svensk forskning får tillgång till den forskningsinfrastruktur som krävs för att bedriva forskning av högsta klass. För att uppnå detta krävs det en kombination av långsiktiga satsningar och nödvändig förnyelse. Det behövs också en balans och koordination mellan satsningar på forskning och forskningsinfrastrukturer. Ambitionen med den modell för finansiering av forskningsinfrastruktur som Vetenskapsrådet började implementera år 2015 är att uppnå just detta. Samtidigt innebär satsningar på infrastruktur en styrning av forskning, detta eftersom forskningen tenderar att gravitera mot de stora infrastrukturerna när dessa väl är på plats. Detta gör att satsningar på forskningsinfrastruktur har forskningsstrategiska konsekvenser.

2.2.1 Behovsinventering och riktad utlysning

Vetenskapsrådets modell för finansiering av infrastruktur, översiktligt beskriven i figuren nedan, följer en tvåårscykel som inleds med en behovsinventering och avslutas med en riktad utlysning. Behovsinventeringen genomförs, med start 2015, vartannat år. Forskare, universitet och högskolor samt myndigheter med forskningsuppdrag kan till Vetenskapsrådet anmäla behov av infrastruktur av nationellt intresse. Via en beredningsprocess – som vid sidan av RFI och RFI:s rådgivande grupper även innefattar Vetenskapsrådets ämnesråd, den Utbildningsvetenskapliga kommittén och, genom URFI, svenska lärosäten – identifieras områden där forskningen bedöms ha stort behov av ny eller utökad infrastruktur. Resultatet presenteras i den så kallade guidebilagan där behoven av framtida forskningsinfrastrukturer sammanställs.

Resultatet från behovsinventeringen ligger till grund för en riktad utlysning. Alla områden som identifieras i guidebilagan kommer dock inte att omfattas av utlysningen. Utifrån strategiska överväganden av den vetenskapliga nyttan för svensk forskning, bedömning av hur framskriden och realistisk planeringen för det identifierade infrastrukturuområdet är, samt budgetmässig bedömning beslutar RFI vilka områden som ska omfattas av utlysningen. Då infrastruktur av nationellt intresse kräver en nationell mobilisering och samordning, förväntas som regel en samordnad ansökan för varje utlyst område. Det betyder i sin tur att ansökan framför allt bedöms utifrån förmågan att möta ett redan identifierat behov av infrastruktur.



Figur X. Vetenskapsrådets modell för prioritering och finansiering av forskningsinfrastruktur

I samband med att medel lyses ut för nya infrastruktursatsningar erbjuds även befintliga infrastrukturer som finansieras via RFI möjlighet att söka förnyad finansiering. Vid sidan av att redogöra för den framtida verksamheten begärs från dessa också en redogörelse för den verksamhet som bedrivits. Ansökan fungerar därmed även som en utvärdering.¹ Genom att i samma beredning bedöma äldre infrastrukturer med behov av fortsatt finansiering och infrastrukturer inom nya områden eller närliggande områden skapas förutsättningar för en process som balanserar långsiktig stabilitet mot nödvändig förnyelse.

2.2.2 Finansiering och drift av nationella infrastrukturer

Forskningsinfrastrukturer kräver långsiktiga åtaganden som täcker hela den planerade livscykeln: uppbyggnad, drift och till sist avveckling. Ett tydligt engagemang från den organisation, vanligen ett lärosäte, som är värd och ägare av infrastrukturen är därför nödvändigt. För att garantera detta är det enbart lärosäten och myndigheter med forskning i sitt uppdrag som från Vetenskapsrådet kan söka medel för nationell forskningsinfrastruktur. För att säkerställa den nationella förankringen krävs ofta att flera lärosäten står bakom ansökan och bildar ett konsortium.

För att finansiera en nationell infrastruktur kräver Vetenskapsrådet som regel medfinansiering motsvarande minst 50 procent av den totala kostnaden. Medfinansieringen är ett sätt att göra det möjligt för Sverige att möta de ökade kostnaderna

¹ Vetenskapsrådet gör även uppföljningar under löpande bidragsperioder i de fall detta är påkallat.

för forskningsinfrastruktur och samtidigt stärka lärosätenas engagemang. Därmed ges bättre förutsättningar för en långsiktigt stabil finansiering och drift av forskningsinfrastrukturer. Formerna för finansiering av infrastruktur bör löpande ses över och utvärderas. Finansieringsmodellerna ser olika ut för olika typer av infrastrukturer. Bland annat skiljer sig bruket av användaravgifter åt mellan olika typer av infrastrukturer.

2.2.3 Internationella infrastrukturer

De internationella samarbetena kring forskningsinfrastrukturer blir allt viktigare och Sverige deltar i, och bidrar ekonomiskt till, en rad internationella infrastrukturer av vitt skilda karaktärer, både vad gäller vetenskap och organisationsform. I ett par fall, neutronspallationsanläggningen ESS och rymdradaranläggningen EISCAT3D, är Sverige värdnation. Sverige deltar aktivt i europeiska och internationella forum för strategier och planering av infrastruktur. Ett sådant organ är EU:s European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) som bidrar till kartläggning och prioritering av paneuropeisk infrastruktur. ESFRI har sedan 2002 i återkommande vägvisare regelbundet identifierat angelägna europeiska infrastrukturprojekt. ESFRI presenterade i september 2018 en uppdaterad vägvisare och nästa uppdatering är planerad till slutet av 2021. Att Sverige aktivt deltar i internationella samarbeten, och då inte minst inom EU och ramprogrammen, är av stor vikt.

I de fall Sverige överväger nya deltaganden i internationella infrastrukturer strävar Vetenskapsrådet efter att det ska ske efter en beredning enligt den modell som beskrivits ovan. Det vill säga att behovet av ett nytt internationellt engagemang ska vara tydligt definierat i behovsinventeringen. Beslut att allokera medel ska göras efter utlysning och vara del av den övergripande prioriteringen av såväl nationell som internationell infrastruktur. Även när det gäller internationella infrastrukturer krävs att stabilitet ställs mot kravet på förnyelse. RFI har därför påbörjat ett systematiskt arbete med att utvärdera Sveriges vetenskapliga utbyte av de internationella infrastrukturerna.

2.2.4 En modell passar inte alla

Det råder betydande skillnader mellan olika forskningsinfrastrukturer vad gäller typ av verksamhet, intressenter och finansiering och inte minst kostnader. För att hantera detta har Vetenskapsrådet i vissa fall valt att göra avsteg från den modell för prioritering och finansiering som beskrivs ovan. Det gäller framförallt de allra största nationella infrastrukturerna, i nuläget MAX IV och SNIC. Beslut om finansiering av dessa har fattats utifrån ett omfattande utredningsarbete och en process som inbegripit andra forskningsfinansiärer samt inte minst ett stort antal lärosäten. Vetenskapsrådet kommer även i framtiden att behöva göra denna typ av avsteg för att hantera stora och organisatoriskt komplexa infrastrukturer.

2.3 Öppen tillgång till forskningsdata

Diskussionen kring öppna data har under en längre tid förts både nationellt och inom EU. I Sverige har Vetenskapsrådet fått ett uppdrag att verka för öppna data. På EU-nivå diskuteras European Open Science Cloud (EOSC) vilket bland annat resulterat i en deklARATION som Sverige skrivit under. Öppna data förutsätter en

fungerande och sammanhållen e-infrastruktur för lagring, återanvändning, tillgängliggörande och analys av data. Samtidigt är öppna data en viktig förutsättning för så kallad datadriven forskning. Det krävs också stora insatser för att tillgängliggöra existerande data vilket innebär noggrann dokumentation av hur data genererats och vilka uppgifter de innehåller, något som ofta refereras till som metadata. Standardiserade metadata är i sin tur en förutsättning för att forskningsdata ska kunna leva upp till principen om FAIR-data, det vill säga att data ska vara:

- Findable – enkel att finna.
- Accessible – öppet tillgänglig utan kostnader eller andra restriktioner.
- Interoperable – följa brett använda standarder och dataformat.
- Reusable – tillgängliga för att användas och återanvändas.

Öppna data och FAIR-principen innebär möjligheter men också stora utmaningar för forskningssystemet. Omfattande resurser kommer att krävas för att säkerställa att data lagras på ett sätt som lever upp till principerna. Den stora nysatsning som nu görs på den nationella datatjänsten SND och som baseras på ett samarbete mellan närmare 30 svenska lärosäten är ett av stegen mot öppna data. Ett annat exempel är Vetenskapsrådets registerforskningsuppdrag. Samtidigt krävs det en genomgripande diskussion kring vilka data som ska sparas och göras tillgängliga. Många data är tidsspecifika, till exempel data om klimat, politiska värderingar eller sambandet mellan kost och hälsa, och kan därför inte reproduceras. Att denna typ av data sparas är centralt. Andra data genereras vid experiment och kan i princip reproduceras givet att experimentet är väl dokumenterat. I detta fall är sparande av data inte lika givet och det krävs en avvägning mellan nyttan av att spara data och de resurser som krävs för att göra det.

Att data är öppna och hanteras enligt FAIR-principen ska inte tolkas som avsaknad av restriktioner. Principen för EOSC är att data ska vara "As open as possible, as closed as necessary". För forskning inom framförallt medicin och hälsa samt samhällsvetenskap spelar individdata en helt avgörande roll. Det rör data som samlas in av forskare där enskilda individer är uppgiftslämnare, data från register, patientuppgifter, biobanker, genomsekvensering eller kvalitetsregister. I dessa fall krävs tekniska lösningar som skyddar data och den enskildes integritet. Ett exempel på detta är SNIC-SENS som hanterar känsliga persondata som exempelvis gensekvensdata från den nationella infrastrukturen för genomik (NGI). Sverige har tack vare tillgången på register och möjligheten att via personnummer följa individer unika möjligheter till forskning. Att enskilda individers integritet respekteras och att forskningen genomförs i enlighet med gällande lagstiftning och etiska riktlinjer är en självklarhet. Dataskyddsförordningen GDPR innebär ett starkt skydd för enskildas integritet samtidigt som intentionen är att tillgodose forskningens behov. Det är av vikt att anpassningen av svensk lagstiftning utformas på ett sådant sätt att forskningen kan nyttja existerande data på ett optimalt sätt och att systematisk uppbyggnad av databaser möjliggörs. Här är det angeläget att betona att forskningen är allt mer beroende av longitudinella data där individer följs under långa tidperioder. Denna typ av databaser är typisk sådan som faller under Vetenskapsrådets definition av nationell forskningsinfrastruktur vilket innebär att de kan nyttjas av flera forskargrupper för olika projekt inom ett eller flera forskningsområden. Eftersom forskning är en dynamisk process innebär det att longitudinella databaser måste kunna byggas upp med så kallade breda samtycken från de individer som lämnar uppgifter till forskningen. Det ökade behovet av longitudinella individstudier aktua-

liserar också den potentiella konflikten mellan kraven på integritetsskydd av känsliga personuppgifter och kraven på tillgängliggörandet av data för kollegial granskning vid vetenskaplig publicering. För att säkra forskningens kvalitet behöver denna fråga mer uppmärksamhet framöver. Data tillgängligt från internet reser också frågor om etik i relation till personlig integritet, då den data personer tillgängliggör via olika medier inte oproblematiskt kan användas som forskningsdata. Detta är ett område som utvecklas mycket snabbt och det krävs en kontinuerlig diskussion kring forskningens förutsättningar och etiska förhållningsätt.

2.4 Näringsliv, offentlig sektor och andra användare

Svensk industri kan på flera sätt dra nytta av den forskning som bedrivs vid våra forskningsinfrastrukturer. Den forskarinitierade forskning som bedrivs vid infrastrukturen genererar ny kunskap som både på lång och kort sikt är avgörande för Sveriges innovationskraft och möjlighet att möta stora samhällsutmaningar. Industri och andra intressenter är också i många fall användare av forskningsinfrastrukturer, vilket är något Vetenskapsrådet explicit verkar för och ett av kriterierna för finansiering är att det ska råda öppen tillgänglighet även för industri och andra relevanta aktörer. I vissa fall har industrin egen kapacitet att utnyttja avancerade infrastrukturer, men ofta sker deras nyttjande i nära samarbete med akademiska användare i gemensamma projekt. För att främja industrins och andra intressenters användning av avancerad forskningsinfrastruktur bör samarbete mellan akademi och industri stärkas ytterligare. Forskningsinfrastrukturer är också viktiga för utvecklandet av den offentliga sektorn, det gäller inte minst för att skapa kunskapsunderlag för hälsovården, utbildningssektorn, demokratiska processer och reformering av den offentliga sektorn i stort.

Att forskningsinfrastruktur byggs för att generera ny kunskap är givet vilket i sin tur betyder att det är de vetenskapliga möjligheterna som avgör vad som ska finansieras. För att nå de vetenskapliga målen krävs ofta att ny avancerad spetsteknologi utvecklas. Utveckling av avancerad forskningsinfrastruktur är därför i sig kunskaps- och teknikdrivande och infrastrukturen kan här spela en central roll för att driva kompetensuppbyggnad. Förbättrade möjligheter för företag att leverera komponenter till forskningsinfrastrukturer är därför en viktig aspekt vid framtida satsningar. Framförallt när det gäller stora internationella engagemang krävs en långsiktig och sammanhållen strategi där Sverige redan från början sätter upp mål för de leveranser svenska företag kan bidra med. För att kunna förverkliga en sådan strategi krävs också att det finns finansieringsinstrument som kan hantera leveranser, ofta så kallade in-kindbidrag, till infrastrukturer vilket i sin tur förutsätter samverkan mellan forsknings- och näringspolitik.

3. Utvecklingen inom infrastrukturområdet och framtidens utmaningar

Tillgång till forskningsinfrastruktur på nationell och internationell nivå blir allt viktigare inom fler och fler ämnesområden och i det följande kapitlet sammanfattas övergripande tendenser vad gäller Sveriges behov av forskningsinfrastruktur. Utgångspunkten tas i de behov som drivs av grundläggande och forskarinitierad forskning. Samtidigt ska det framhållas att många forskningsinfrastrukturer spelar en viktig roll för både näringsliv och offentlig sektor i stort. Öppenhet för användare utanför akademien är ju också, som framgått ovan, ett av de kriterier som Vetenskapsrådet ställt upp för infrastruktur av nationellt intresse. Infrastrukturen är också viktiga komponenter för att bygga Sveriges förmåga att möta vår tids stora utmaningar. Forskning av relevans för samhällsutmaningar relaterade till klimatförändringar, hållbart och säkert samhällsbyggande, folkhälsa, livsmedelsproduktion, energiomställning, demokrati, arbetsmarknad med mera kräver allt mer avancerade forskningsinfrastrukturer.

3.1 Infrastrukturer för att förstå människan, kulturer och samhällen.

Behovet av forskningsinfrastruktur ökar på bred front inom samhällsvetenskap och humaniora. Kunskap om samhällen idag och genom historien, samt av individers livschanser och förutsättningar och värderingar, kulturer, utfall av politiska reformer och analyser av beteendeförändringar ger både förståelse av och premisserna för social och ekonomisk utveckling. Forskningen är beroende av data om individer och de kontexter inom vilka de lever och verkar i. Individdata kan vara olika till sin karaktär och omfatta alltifrån mindre kvalitativa undersökningar till stora registerbaserade studier på stora grupper eller hela befolkningar.

Det går att urskilja ett antal övergripande trender som gäller forskning inom såväl humaniora, samhällsvetenskap som folkhälsa och epidemiologi. En trend är att forskningen kräver ökad tillgång till longitudinella data där uppgifter samlas in från samma individer under, i många fall, en lång följd av år. Forskare kan på så sätt observera förändring både på individ- och gruppnivå vilket är viktigt för att analysera samband och följa hur fenomen utvecklas. Det möjliggör också studier av utfall på längre sikt och utfall som kräver lång exponeringstid vilket bland annat är viktigt inom forskning om arbetsliv och hälsa samt om familjedynamik. Sverige och övriga nordiska länder har en unik position då individdata i många fall kan hämtas från existerande offentliga register och historiska databaser som i vissa fall sträcker sig så långt tillbaka som 1600-talet. Registerdata är dock begränsade

till sitt innehåll och många frågeställningar kräver att data samlas in för specifika forskningsändamål. Möjligheten att kombinera data från register med data insamlade för specifika forskningsändamål ger svensk forskning enastående möjligheter inom både samhällsvetenskap och medicin och bidrar till att den är intressant och relevant i ett internationellt perspektiv. Insamlandet av longitudinella individdata kräver emellertid långsiktighet och en stabil organisation vilket var en anledning till att Vetenskapsrådet år 2017 gjorde en stor och sammanhållen satsning på samordning av databaser inom medicin och samhälle. Vetenskapsrådet finansierar idag bland annat infrastrukturerna CORS med syfte genomföra och koordinera omfattande surveyundersökningar, NEAR för ett samlat grepp över databaser om åldrande, REWHARD för databaser om arbete och levnadsförhållanden och SwedPop för historiska befolkningsdatabaser. Satsningen på registerforskning och uppbyggnaden av sök- och metadataverktyget RUT, som Vetenskapsrådet på regeringens uppdrag genomför i syfte att bättre tillgängliggöra registerdata, är en annan viktig del i sammanhanget. Därtill kommer Svensk Nationell Datatjänst (SND) vars funktion för tillgängliggörande av forskningsdata sedan 2017 med stöd av Vetenskapsrådet och i samarbete med ett stort antal lärosäten har utvecklats till att ta ett tydligt nationellt ansvar för att tillgängliggöra forskningsdata. Att kunna samla individdata från flera länder för jämförande studier är ytterligare en viktig trend, kopplat till behovet att förstå effekten av den landsspecifika kontexten. I detta avseende är Sveriges deltagande viktigt då landet är en föregångare i många fall rörande arbetsmarknad och arbetsliv, jämställdhet, och familj och därmed intressant att studera både i sig och i jämförelse med andra länder.

Behovet av att kontextualisera individdata förväntas öka för att kunna analysera mer komplexa frågeställningar. Kontextdata omfattar de ekonomiska, sociala, och värderingsmässiga omgivningar och strukturer inom vilka individer lever och verkar och kan röra exempelvis hushåll, företag, skolor, grannskap, regioner och länder. Kontextdata kan också röra exponering för dålig arbetsmiljö, luftföroreningar eller andra miljökomponenter. I många fall kräver kontextualisering någon form av geografisk kodning – för detta ökar möjligheterna i och med användandet av geografiska informationssystem (GIS). I samtliga fall krävs uppbyggnad av databaser och system för tillgängliggörande med möjlighet att koppla individer till den kontext de lever och verkar i.

Inom både samhällsvetenskap och humaniora sker en teknik- och metod-utveckling som innebär att olika typer av data kan analyseras simultant. Exempelvis kan numeriska data från surveyer analytiskt kombineras med storskaliga icke-numeriska datamängder baserade på texter, artefakter, bilder och ljud. Detta gör det möjligt att utföra nya typer av analyser, i en skala och med en precision som tidigare inte setts som möjlig. Exempel på detta är när maskinlärning används för att kombinera information från surveydata och satellitbilder för att ge en bättre förståelse av levnadsförhållanden i låginkomstländer. En del av utvecklingen är möjligheterna till datavisualisering för att analysera, förstå och kommunicera forskningsresultat vilket påverkar såväl humaniora, samhällsvetenskap och folkhälsovetenskap. Samtidigt är det en process som ställer stora krav på datakvalitet och standardiserade format.

Parallellt spelar information från internet en allt viktigare roll, och då inte minst möjligheten för individer att aktivt dela information till forskning eller att delta i undersökningar där respondenter både rekryteras och svarar på frågor digitalt. Även

den information som individer spontant delar via sociala medier och andra plattformar väcker nya forskningsmöjligheter. Möjligheten att kombinera information från olika typer av datakällor på nya och innovativa sätt ger forskare nya möjligheter att ta sig an nya vetenskapliga frågeställningar och samhällsliga utmaningar rörande exempelvis synen på demokrati och värderingar. Denna typ av data gör det också möjligt att bättre förstå hur allt från uppfattningar, värderingar och beteende till smittsamma sjukdomar sprids.

För att humanister, samhälls- och folkhälsovetare till fullo ska kunna utnyttja de möjligheter som forskningen står inför krävs fortsatta satsningar på forskningsinfrastrukturer inom humaniora och samhällsvetenskap. Idag ser vi bara början på den utvecklingen och de satsningar som görs inom språkteknologiinfrastrukturen CLARIN för att utveckla verktyg för språkanalyser är ett exempel på vad som görs för att stödja forskningen. Samtidigt krävs satsningar både från forskningsfinansiärer och lärosäten för att bygga kompetensstrukturer som ger humanister och samhällsvetare kunskap om och access till nya metodologiska landvinningar och förutsättningar att utveckla digitala metoder och verktyg i relation till sina forskningsområden. Vid sidan av tekniska och kompetensmässiga utmaningar reser utvecklingen en rad legala och etiska frågeställningar som måste hanteras.

3.2 Livsvetenskaper samt medicin och hälsa

Hälsotillståndet i befolkningen genomgår förändringar som i grunden drivs av demografiska- och livsstilsförändringar. Sjukvården befinner sig också i början av en utveckling från en generell behandlingsmodell till en precisionsmodell där behandlingsinsatser alltmer kan skräddarsys utifrån individens förutsättningar. Utvecklingen är i stora delar beroende av tillgång till stora datamängder och möjligheten att koppla patientdata med genetiska och molekylära data som genereras inom grundforskningen. För att utveckla metoder för förebyggande åtgärder, diagnostik, behandling och rehabilitering som i allt större grad individualiseras krävs kapacitet att utnyttja komplexa data och metoder samt att bygga broar mellan olika forskningsdiscipliner. Insamling, underhåll tillgängliggörande av individdata och möjligheten att kombinera data blir allt viktigare. De initiativ som finns idag både nationellt och internationellt kring biobanker (BIS), och registerforskning (RUT) och tillgängliggörande av forskningsdata som drivs av SND behöver utvecklas och konsolideras. Bioinformation behöver kopplas till andra typer av data inom hälso- och sjukvården, inte minst kvalitetsregister, som i sin tur behöver förbättras både vad gäller kvalitet, täckning och tillgängliggörande för forskning, samt inkludera primärvården i högre grad. De möjligheter som idag ges att utnyttja modern teknologi för att samla hälso- och beteendedata från individer måste värderas och vid behov utvecklas. Av central vikt är att möjliggöra koppling mellan data från olika källor på ett integritetssäkert sätt. En stor potential finns i att bättre utnyttja och kombinera data om sociala förhållanden, beteende, biomedicinska karakteristika och hälsoutfall. För att driva utvecklingen framåt krävs en utvecklad samverkan mellan forskningsutövare, såväl privata som offentliga, forskningsfinansiärer och hälso- och sjukvården.

Forskningen bidrar i allt snabbare takt till förståelsen av grundläggande biologiska och fysiologiska processer vilket i sin tur ligger som grund för utveckling av läkemedel och klinisk behandling. Användningar av olika omik-metoder – genomik,

proteomik, metabolomik – ökar explosionsartat. Här krävs fortsatta satsningar inom bland annat genomsekvensering, men också möjligheter att vidareutveckla plattformar för till exempel metabolomik och proteomik. Medicinsk utbildning förväntas att bli ett allt viktigare verktyg och inom högupplösande mikroskopi samordnas idag dessa resurser nationellt av forskningsinfrastrukturen NMI. Via plattformar för proteinproduktion och karaktärisering av proteiner kommer också synkrotroner som MAX IV och neutronkällor som ESS att kunna utnyttjas för strukturella studier av exempelvis proteiner med medicinsk relevans.

Vetenskapsrådet ser ett behov av fortsatt kompetensuppbyggnad inom bio-informatik och analys av stora datamängder. NBIS är exempel på en forskningsinfrastruktur som erbjuder stöd inom bioinformatik till enskilda forskningsprojekt och möjliggör för forskare att utnyttja komplexa data och nya tekniker i sin forskning. Mycket talar för att denna typ av stöd till forskningsprocessen kommer att spela en större roll i framtiden. Exempelvis kan det gälla visualisering, och inte då bara inom livsvetenskaperna, utan inom allt fler fält som spänner från humaniora till partikelfysik.

3.3 Material och livets beståndsdelar

Mycket av vår vardag påverkas av egenskaper hos material; dess hårdhet, formbarhet, ledningsförmåga, magnetism, transparens eller korrosionsbeständighet. Dessutom är livet självt med dess celler och molekyler en avancerad form av material. Studier av material i denna vida bemärkelse är därför centralt inom en rad forskningsområden såsom fysik, kemi, geologi, biologi, medicin och arkeologi. Innovationer inom material- och medicinområdet är också viktiga för svensk industris fortsatta konkurrenskraft.

Att finna nya och innovativa material är avgörande för att uppnå ett miljömässigt hållbart samhälle. Framtidens konsumtionsvaror måste baseras på en livscykel som kräver mindre energi, i mindre utsträckning baseras på ändliga resurser samt kan återanvändas eller destrueras på ett miljövänligt och hållbart sätt. Multifunktionella material, där flera egenskaper, exempelvis magnetiska, katalytiska och elektriska, kombineras är ett viktigt forskningsområde för utveckling av högteknologiska produkter. Utvecklingen av nya material är också nödvändigt för att omvandla, transportera och lagra energi i hållbara energisystem. Att följa snabba biokemiska förlopp i realtid, till exempel hur växter omvandlar solljus till energi i fotosyntesen, kommer förmodligen att bli möjligt. De möjligheter som öppnas för att designa nanomaterial kommer att vara centralt för områden såsom energi, miljö samt medicin och hälsa. Inom livsvetenskaperna och den medicinska forskningen är det flera metoder som spelar allt större roll för att i detalj förstå biologiska processer. Hit hör strukturbestämning på molekyl- och atomnivå, studier av proteindynamik, biologisk utbildning, studier av ytor såsom membran och andra bioaktiva ytor samt av komplex i lösning, till exempel protoner och vattenmolekyler i enzyms ”active site”.

För att möta forskningens behov krävs investeringar i avancerade infrastrukturer som till exempel synkrotroner, neutronkällor, avancerade mikroskop, masspektrometrar och lasersystem. Sverige fortsätter att göra stora investeringar inom området och inte minst öppnar satsningarna på MAX IV och ESS för experiment som tidigare inte varit möjliga. Sverige är också med och satsar resurser på European XFEL, världens mest avancerade frielektronlaser. I strukturbiologiområdet har in-

infrastrukturer för NMR-spektroskopi (Svenskt NMR Centrum) och Cryo-EM-mikroskopi byggts upp inom SciLifeLab med omfattande stöd från bland annat KAW. Dessa faciliteter möjliggör studier av struktur och dynamik hos ett brett spektrum av biologiska prover. För många analyser kräver forskningsprocessen en kombination av olika metoder och instrument. Exempel på detta är komplementär användning av röntgentekniker, elektronmikroskopi och neutronspridning.

Utnyttjandet av den här typen av anläggningar kräver också tillgång till ytterligare infrastruktur i form av laboratorier och renrum för att förbereda prover och göra förberedande studier. I många fall kommer dessa resurser att vara av lokal karaktär. I andra fall behövs till exempel avancerade renrum som nationellt samordnas av Myfab, som är en viktig infrastruktur för att producera och karaktärisera material. I samband med att experimenten genomförs och resultaten tas omhand krävs i många fall en omfattande e-infrastruktur för datalagring och analys. I alla led av forskningsprocessen finns utmaningar, och undvikande av flaskhalsar i systemet är en viktig aspekt vid prioritering av infrastruktursatsningar.

Etablerandet av synkrotronen MAX IV och neutronanläggningen ESS i Lund innebär stora åtaganden för Sverige som forskningsnation. Samtidigt ger det Sverige möjlighet att göra Lund till ett internationellt centrum för forskning som nyttjar synkrotron- och neutrontekniker. För att realisera potentialen hos MAX IV krävs en långsiktig finansiering av underhåll och drift samt ytterligare investeringar i strålrör. Den svenska användarbasen bör öka och breddas till nya fält och också involvera industrin. MAX IV bör sikta på att vara världsledande inom ett antal profilområden som utnyttjar synkrotronens unika egenskaper men lika viktigt är att svara mot breda behov i det svenska forskarsamhället. Anläggningen kan dock inte uppfylla svenska forskares alla synkrotronbehov. Vetenskapsrådet har därför påbörjat arbetet med att ta fram en strategi där utvecklingen av MAX IV vägs mot de fortsatta svenska engagemangen i röntgenanläggningarna ESRF, European XFEL och PETRA III.

Att Sverige är värmland för ESS innebär ett stort ansvar för både konstruktionen av anläggningen och den kommande driften. Svensk forskning inom neutronområdet har stärkts och den svenska användningen av existerande anläggningar som ILL i Frankrike och ISIS i Storbritannien har ökat. Det är viktigt att denna utveckling fortsätter och att det när ESS tas i drift finns en stark svensk användarbas som kan växlas över till ESS. Sverige bör också verka för ett svenskt engagemang i den kommande instrumenteringen av ESS.

Att MAX IV och ESS är samlokaliserade till Brunnsög utanför Lund skapar möjlighet för framväxten av en dynamisk forskningsmiljö som inkluderar såväl akademi som industri. Engagemanget för anläggningarna, både bidrag till och nyttjande av, måste dock vara en nationell angelägenhet. För att detta ska ske krävs en samordnad nationell strategi som omfattar hela kedjan från den fysiska infrastrukturen kring anläggningarna till en uppbyggnad och optimalt utnyttjande av kompetenser och humana resurser i hela landet.

3.4 Universums minsta beståndsdelar

Forskare inom kärn-, hadron-, och partikelfysik är i många fall helt beroende av tillgång till storskaliga forskningsanläggningar. Ofta är dessa för dyra och komplexa för ett enskilt land att utveckla och driva vilket gör att det finns en lång tradition av internationella samarbeten.

Som medlem av CERN är Sverige med och stödjer uppgraderingen av den stora acceleratoren Large Hadron Collider (LHC) till HL-LHC. Sverige deltar också i experimenten ATLAS och ALICE, vilka också uppgraderas och anpassas till HL-LHC. Vid CERN är Sverige också engagerat i ISOLDE-anläggningen för hadron- och kärnfysik. Inom närliggande område finns ett svenskt engagemang i kärnfysik-anläggningen FAIR där forskning med hjälp av antiprotoner och joner kommer att bedrivas.

Högre energier och intensitet tillsammans med förbättrade mätmetoder öppnar för observationer av okända partiklar utanför den kända standardmodellen. För att bortom HL-LHC nå ökade energier utforskas möjligheten att genomföra ytterligare en uppgradering av LHC samt i framtiden konstruktion av en helt ny partikelkolliderare. Besläktade projekt studeras samtidigt i Japan, Kina och USA. Svenska forskare är också inblandade i en diskussion om möjligheten att vid ESS bygga experimentstationer för forskning inom partikel- och hadronfysikområdet. Andra forskningsområden rör exempelvis mörk materia och observationer inom neutrino-sektorn. Områdets utveckling drivs av en kombination av vetenskapliga frågeställningar och tekniska framsteg. För att skapa långsiktiga förutsättningar för svensk forskning krävs en sammanhållen strategi för prioritering av det svenska engagemanget i relevant forskningsinfrastruktur och förutsättningar för teknikutvecklande i samband med dessa. Att under de närmaste åren ta fram en sådan är en viktig uppgift för Vetenskapsrådet och forskarsamhället i stort.

3.5 Rymden

Sverige är sedan länge engagerat i nationella och internationella satsningar på storskalig infrastruktur inom astronomi och astropartikelfysik. Som medlem i det europeiska sydobservatoriet ESO bidrar Sverige till drift och uppbyggnad av teleskop i norra Chile, såsom radioteleskopet ALMA, det optiska teleskopet VLT och det framtida optiska teleskopet E-ELT. Onsalaobservatoriet är en nationell anläggning för radioastronomi och en svensk nod för internationella samarbeten. En annan nationell anläggning är det svenska solteleskopet på La Palma. Inom astropartikelfysik deltar Sverige i driften av IceCube-observatoriet på Sydpolen. Sverige har också att ta ställning till sin medverkan i byggandet av radioteleskopet Square Kilometre Array (SKA) och det planerade europeiska solteleskopet EST, som när de tas i drift förväntas ändra förutsättningarna för den globala forskningen inom sina respektive områden.

Engagemanget i internationella infrastrukturer är en förutsättning för svensk forskning rörande astronomi och frågor om universums struktur, utveckling och ursprung. Samma infrastrukturer utgör också verktyg för studier av fundamental fysik som t.ex. gravitationsvågor, gravitationsteori, astropartikelfysik, neutriner och mörk materia. Här finns en koppling till den partikelfysik som bedrivs vid exempelvis CERN.

Forskningen berör inte bara yttre rymden. Rymdfysiken tar sig an frågor som rör jordens närmare omgivning. Studier av solen har betydelse för att förstå klimatet och, inte minst viktigt, risken för störning av tekniska system för kommunikation och elförsörjning. Satsningen som nu genomförs på den internationella rymdradar-anläggningen EISCAT3D, med säte i Sverige, kommer att stärka forskning som rör jordnära system och växelverkan mellan atmosfär och rymd.

De senaste upptäckterna inom gravitationsvågor är ett exempel på samverkan mellan olika astronomiska infrastrukturer och pekar på vikten av tillgång till en stor bredd av nationella- och internationella komplementära infrastrukturer. Andra exempel rör miljö- och klimatforskning där information från rymd, atmosfär, geosfär och hydrosfär kan kombineras för att adressera komplexa forskningsfrågor. Givet detta krävs väl övervägda och långsiktiga prioriteringar av svenskt engagemang i de internationella samarbetena. Det kommer också att kräva ökat nationellt samarbete mellan exempelvis Rymdstyrelsen, som ansvarar för den rymdbaserade infrastrukturen, och Vetenskapsrådet.

3.6 Jordens klimat och miljö

Forskningen inom klimat-, miljö- och geovetenskaper är avgörande för samhällets utveckling och för att förstå och påverka livsförutsättningarna i vår omvärld. Förståelsen av hela klimatsystemet och hur det förändras nås genom beräkningstunga simuleringar för att fånga komplexa förlopp. Forskning om klimat och miljö kräver även detaljerade och långsiktiga observationer av luft, mark och vatten. Sverige erbjuder stora variationer vad gäller miljötyper och klimatzoner vilket både utgör en tillgång och en utmaning för forskningen. Via satsningen på ICOS görs mätningar spridda över landet av växthusgasemissioner vilka i sin tur kopplas samman med liknande data från andra länder. Vetenskapsrådet stödjer också via SITES koordinerade fältstationer som möjliggör detaljerade mätningar av mark- och vattenförhållanden runt om i landet och bidrar till värdefull kunskap om miljö- och klimatfrågor.

En framtida utmaning är att möjliggöra ytterligare geografiskt detaljerad information vilket kräver observationer och experiment på fler platser runt om i landet. För att nå dit krävs ett fortsatt utvecklande av mobila mätningar och observationerna av den marina miljön. Eftersom varken klimat, miljö eller geologi styrs av politiskt betingade gränser är beroendet stort av internationella samarbeten, koordinerade satsningar på infrastruktur och gemensamma standarder för insamling, hantering och tillgängliggörande av data.

Genom Vetenskapsrådets internationella medlemskap och nationella satsningar på geovetenskaplig infrastruktur ges svenska forskare tillgång till avancerade plattformar för provtagningar och analyser. Framöver behövs även en internationell plattform för att samordna data och modeller för de nationella och internationella observationsplattformar som bidrar till förståelse av geologiska processer av betydelse för georisker och tillgång till naturresurser.

Forskningen inom miljö och klimat baseras delvis på analyser från en mängd provtagningar ofta insamlade över lång tid. Provbanks för exempelvis vatten, jord och relevant biologiskt material möjliggör framtida analyser av redan insamlade prover och som på grund av kontinuerliga miljöförändringar är unika och inte möjliga att reproducera.

3.7 Teknik och energi

Teknikvetenskap är ett område som omfattar både grundforskning och tillämpning. Området består i sin tur av många olika forskningsämnen; gemensamt för alla är att de strävar efter tillämpning av grundforskning och prediktering av processutfall och funktioner hos produkter. Forskarna använder infrastrukturer, till exempel syn-

krotronljus- och neutronspridningsanläggningar, som är centrala inom många andra forskningsområden. Forskningsinfrastrukturer direkt riktade mot teknikvetenskap är ofta dedikerade till ett visst område och ofta av regional eller lokal karaktär. Inte sällan rör det sig också om pilot- eller testanläggningar där forskningen är en integrerad del av själva anläggningen. Ett sådant exempel är Asta Zero utanför Borås vars huvudsyfte är att möjliggöra tester, utveckling och forskning kring framtida produkter och system för vägtrafiksäkerhet. För att säkra förutsättningarna för teknikvetenskap i Sverige bör möjligheter till samordning inventeras och ansvarsfördelning för finansiering förtydligas.

Att säkra en miljömässigt hållbar energiförsörjning är en av vår tid viktigaste frågor. Energiforskningen rör hela kedjan från produktion och distribution till konsumtion av energi. Utveckling av förnybara energikällor, exempelvis solenergi, vindkraft och bioenergi, är en viktig aspekt. Det samma gäller forskning som syftar till att effektivisera och förbättra traditionella energikällor som vattenkraft och kärnenergi. Mycket av energiforskningen är beroende av avancerade forskningsinfrastrukturer för att förstå och utveckla material med specifika egenskaper samt förstå de miljömässiga konsekvenserna av energiproduktion. För mycket av energiforskningen krävs specifika försöks- och demonstrationsanläggningar för att utveckla och testa ny teknik. Det betyder att forskningen spänner över flera finansiärers och myndigheters ansvarsområde vilket i sin tur påkallar både ökad samordning och ett förtydligande av ansvarsområden.

3.8 e-Infrastruktur

Med e-infrastruktur avses resurser för lagring, överföring, beräkning och analys av digitala data. Inom begreppet ryms också de kompetenser och organisationer som är nödvändig för att forskningen ska kunna tillgodogöra sig befintliga resurser och existerande data. Behovet av e-infrastruktur ökar snabbt inom i stort sett alla forskningsområden, inte bara inom traditionellt dataintensiva naturvetenskapliga områden som fysik och astronomi, utan allt mer även om medicin, humaniora och samhällsvetenskap. Avancerade forskningsinfrastrukturer inom en rad områden är i sig drivande i utvecklingen då de tenderar att producera allt större och mer komplexa datamängder. Samtidigt innebär utvecklingen att data också kan kombineras och analyseras på allt mer sammansatta sätt. Förändringen genomsyrar hela forskningsfältet och innebär en genomgripande evolution av hur forskning bedrivs och vad vi kan forska om. Möjligheterna att bedriva så kallad datadriven forskning är en viktig aspekt av förändringen men det bör understrykas att även hypotesdriven forskning också påverkas i grunden av nya möjligheter. Drivande bakom utvecklingen är allt mer avancerade datorarkitekturer, nya tillämpningar baserade på maskininlärning, artificiell intelligens, visualisering och tjänster för att upptäcka, kombinera, hantera, tillgängliggöra, använda, bevara och återanvända forskningsdata. I en inte allt för avlägsen framtid ser vi tillämpningar av kvantteknologier med potential att öppna helt nya möjligheter inom e-området.

På grund av att e-infrastruktur spelar en allt viktigare roll för forskningen finns en risk att den blir en betydande flaskhals. Det kommer att krävas ökade resurser för att lagra, överföra och analysera stora och komplexa datamängder. Det är till exempel bara meningsfullt att genomföra ett experiment eller en genomsekvensering om data kan lagras och analyseras. För att detta ska vara möjligt krävs fortsatta satsningar på e-infrastrukturens hårdvaror. Det krävs också en konstant utveckling

av program och tillämpningar, inte minst för att möta ökade krav på visualisering, vilket i sig är ett område för forskning där Sverige står sig starkt.

Kompetens är centralt för att upprätthålla och utnyttja en avancerad e-infrastruktur. Det gäller specifikt den kompetens som är nödvändig för att bygga och driva e-infrastrukturerna i sig. Det gäller i lika stor utsträckning att bygga den forskningskompetens som krävs för att utnyttja de möjligheter som nu öppnar sig inom allt fler forskningsfält, framför allt inom de områden där den digitala utvecklingen erbjuder radikalt nya sätt att bedriva forskning. Idag erbjuder NBIS avancerat användarstöd inom bioinformatik. Liknande behov växer nu fram inom andra områden. Att förmå ta tillvara potentialen i den digitala utvecklingen är en formidabel utmaning inte bara för den mest avancerade forskningen utan för hela det svenska utbildnings- och forskningssystemet.

e-Infrastrukturuområdet är sedan länge internationellt. Universitetsdatanätet SUNET och dess nordiska respektive europeiska motsvarigheter, NORDUnet och GÉANT, kopplar samman europeiska lärosäten och forskningsinstitutioner och garanterar att vi är uppkopplade mot resten av världen. WLCG utgör ett internationellt distribuerat system för att hantera de datamängder som genereras vid CERN. SNIC har som uppgift att tillgodose svenska forskares behov av e-resurser och samarbetar inom Norden via NeIC och vidare med PRACE inom Europa för att kunna garantera svenska forskare de mest avancerade beräkningsresurserna. Allt tyder på att internationellt samarbete kring e-infrastrukturen kommer att öka i betydelse. Inte minst visas det av den omfattande satsning som nu görs på Euro-HPC, ett europeiskt samarbete som Sverige kommer att delta i.

Sverige behöver spela en aktiv roll på den internationella arenan både för att säkra att forskare verksamma i Sverige har bästa möjliga villkor och för att fortsatt att utveckla svensk kompetens inom e-infrastrukturuområdet. Samtidigt måste den nationella e-infrastrukturen utvecklas och organiseras på bästa möjliga sätt, inte minst då det är de nationella resurserna som ligger till grund för de internationella samarbetena. Vetenskapsrådet har påbörjat arbetet med en nationell kompass för e-infrastruktur som förväntas ligga till grund för den framtida utvecklingen av området.

4. Infrastrukturer för humaniora, samhällsvetenskap, livsvetenskaper, medicin och hälsa

Forskningsinfrastrukturer inom området täcker ett brett spektrum och omfattar alltifrån språkdata-baser, historiskt arkivmaterial, surveyundersökningar till karakterisering av proteinstrukturer vilket i sin tur återspeglar bredden i den forskning som bedrivs. Samtidigt är flera av de infrastrukturen som faller under denna rubrik relevanta för flera olika forskningsområden. De historiska demografidata som organiseras inom ramen för SwedPop har inte bara betydelse för historisk forskning utan även för samhällsvetare som vill förstå långsiktig social förändring samt för forskare inom folkhälsa och medicin som studerar sjukdomars ärftlighet. I takt med att gränsen mellan samhällsvetenskap och medicinsk forskning delvis suddas ut kommer forskare inom dessa fält att allt mer vara beroende av samma forskningsinfrastrukturer. Samhällsvetenskapliga data från surveyer och register är bas för att förstå utveckling av levnadsförhållanden, individers arbetsmarknadskarriärer, betydelse av utbildning för fortsatta livschanser med mera. De är också centrala för att förstå kopplingen mellan sociala förhållanden och individers hälsa och därmed av betydelse för medicinsk forskning. För att förstå kopplingen mellan genetiskt givna förutsättningar och sociala utfall på individnivå krävs att data med genetisk information kan kopplas till samhällsvetenskapliga data.

Sverige ligger redan långt framme vad gäller forskningsinfrastruktur inom berörda områden. Trots det finns potential för ytterligare förbättringar med syfte att stärka svensk forskning. Inte minst gäller det att förbättra möjligheten för forskare att utnyttja registerdata, förbättra möjligheterna att utnyttja biobanksdata, men också genom att digitalisera och tillgängliggöra ett, i internationellt perspektiv, relativt intakt kulturarv.

4.1 Nyckelfrågor

Behoven av avancerad infrastruktur för humaniora, samhällsvetenskap, medicin och hälsa samt livsvetenskaperna ökar snabbt och på bred front. Sverige har en lång tradition inom språkforskning och utvecklandet av språkteknologiska verktyg. Inom arkeologiämnet nyttjas metoder och verktyg från naturvetenskapliga discipliner, som nu utvecklas snabbt och resulterar i en betydligt bättre kunskap om den förhistoriska utvecklingen och dess kronologi, samt samspelet mellan människor, natur och klimat. Inom det historiska området har databaser byggts upp som drar nytta av de möjligheter som ges via digitalisering av Sveriges historiska befolkningsregister. Inom dessa områden kommer satsningar och en förbättrad nationell och internationell samordning att ytterligare kunna stärka forskningen.

Samtidigt finns inom flera andra av humanioras områden behov att bygga upp nationella och internationella infrastrukturer för sammanhållna lösningar för

produktion och tillgängliggörande av digitaliserat material för forskningsändamål. Pågående initiativ för att stärka forskningen via förbättrade språkdata-baser, systematisk digitalisering av kulturarv är viktiga moment i detta. Dessa initiativ bör följas av fortsatt samordning med sikte på långsiktiga satsningar på nationella forskningsinfrastrukturer.

Tillgången till storskaliga datamängder från internet, digitalisering av existerande datakällor samt den snabba utvecklingen av nya maskininlärningsmetoder för dataanalys kommer sannolikt att ha en stor inverkan på forskningen inom alla områden och då inte minst humaniora och samhällsvetenskap. Icke-numeriska datamängder baserade på texter, bilder och ljud kommer att kunna analyseras i en omfattning och med en precision som tidigare endast varit möjlig för numeriska data. Förbättrade tekniker och metoder för att digitalt visualisera data ger nya möjligheter att analysera, förstå och presentera data. Möjligheterna att kombinera olika typer av data innebär nya möjligheter för forskningen. Till exempel kan GIS-data kopplat till individdata förbättra möjligheterna att studera sambandet mellan individuella faktorer och den sociala och miljömässiga kontext personerna lever i.

En viktig förutsättning för att utveckla svensk forskning är möjligheten att utnyttja offentliga myndighetsregister. Sveriges registerdata bygger på sekellånga traditioner och dess styrka ligger i att de ofta innefattar befolkningen i sin helhet och att de erbjuder systematiskt insamlade data med lågt bortfall. Det senare är inte minst viktigt i ljuset av de problem med vikande svarsfrekvenser som påverkar många surveyundersökningar. Genom ämnesöverskridande samarbeten och en utbyggd e-infrastruktur för utnyttjande av registerdata kan svensk forskning göra betydande framsteg. Potentialen ökar ytterligare när data från register kombineras med andra datakällor. Genom att exempelvis koppla data om skolgång från databasen UGU, som innehåller insamlade uppgifter från skolelever, med registerdata, kan helt ny kunskap om utbildningssystemets betydelse för individers livschanser nås. Unika möjligheter att nå ny kunskap kan nås genom att kombinera individdata insamlade i longitudinella studier, exempelvis levnadsnivåundersökningen LNU, registerdata och kontextdata för analys av orsaker och konsekvenser av samhällsförändringar. Integration av registerdata med data från biobanker och sjukvårdens kvalitetsregister skapar nya möjligheter att bedriva medicinsk forskning.

För att utnyttja registren krävs dock att det finns etablerade system för att göra data sökbara och tillgängliga samt tekniska och praktiska lösningar för att garantera den personliga integriteten. Det arbete som nu pågår inom Vetenskapsrådets registerforskningsuppdrag och etablerandet av sökverktyget RUT, samordning av biobanker via BIS och SND:s arbete med att tillgängliggöra forskningsdata är viktiga komponenter i detta. Ett förbättrat internationellt samarbete, kanske främst men inte enbart med våra nordiska grannar, kommer att skapa ytterligare potential för registerbaserad forskning.

Att stärka och förbättra möjligheterna för forskning som använder register och databaser innebär en utmaning vad gäller tillgång till forskningsinfrastrukturer som erbjuder gemensamma standarder, koordinerad teknisk metod- och verktygsutveckling, kapacitet för lagring och analys av stora datamängder. Den kanske största utmaningen gäller dock kompetensförsörjning. Det kommer att krävas betydande resurser och ny kompetens inom statistik, bioinformatik och analys av stora datamängder för att svensk forskning ska kunna dra nytta av digitaliseringens möjligheter.

Forskningen inom livsvetenskaperna syftar till ökad förståelse för hur alla levande organismer fungerar, samverkar och påverkar sin omgivning. Den grund-

läggande forskningen använder olika modellorganismer samt genetik, genomik, proteomik och ett stort antal mätmetoder integrerade med beräkningsbiologi för att kartlägga hur organismer fungerar på system- och molekylnivå. Komplexa biologiska processer kan idag studeras tack vare teknikutveckling som sker parallellt med vetenskaplig grundforskning. Utvecklingen gör forskningen alltmer beroende av mångvetenskapliga samarbeten och tillgång till biologiskt material. Forskningsresultaten finner sin användning främst inom medicinsk diagnostik, prevention och terapi men även inom växtforskning och bioteknologi. Resultaten är också i många fall applicerbara i växelverkan med forskare från olika discipliner förutom medicin och biologi, till exempel teknologi, kemi, fysik, materialvetenskap och farmakologi. Levnadsförhållanden och miljöaspekter är också viktiga komponenter.

En fortsatt utveckling av forskningsinfrastrukturer är nödvändig för att möta framtidens krav. Teknikplattformar som bland annat har byggts upp inom SciLifeLab, med stöd från Vetenskapsrådet, KAW och universiteten, för forskning och frågor rörande DNA, RNA och proteiner måste vidareutvecklas och kontinuerligt moderniseras. För att skapa en långsiktig och nationell utveckling kommer samverkan mellan dessa och andra aktörer att vara nödvändig. Infrastrukturer inom livsvetenskaper utgörs ofta av distribuerade resurser med noder på flera olika orter baserade på olika tekniker och resurser. Exempel på sådana infrastrukturer är NBIS för bioinformatik, NGI för DNA- och RNA-sekvensering och BIS för de svenska biobankerna. Men även infrastrukturer i form av större anläggningar för att studera strukturer och molekylära interaktioner kommer att vara betydelsefulla för att driva utvecklingen framåt. Bland annat förväntas ny avancerad mikroskopi, MAX IV och ESS ge helt nya möjligheter.

De europeiska infrastruktursamarbetena inom livsvetenskaper, särskilt de som föreslagits av ESFRI, är och kommer troligen att bli alltmer tongivande i formeringen av utlysningar inom nästa ramprogram, Horisont Europa. För att Sverige ska kunna delta på ett bra sätt i denna utveckling krävs att nationella infrastrukturer konsolideras och integreras i de europeiska satsningarna i en öppen process som svarar mot forskningens behov.

En långsiktigt framgångsrik strategi för livsvetenskaperna måste baseras på en stark grundforskning i samverkan med en väl utvecklad klinisk forskning förankrad i sjukvården samt med läkemedelsindustrin. Utvecklingen mot mer individanpassad hälso- och sjukvård kommer att kräva än mer nära samarbete med grundläggande forskning och metodutveckling då behovet av exempelvis avancerad diagnostik ökar. Hälsovården befinner sig idag i början på en utveckling bort från generella vårdmodeller och mot en vård som allt mer anpassas efter individens behov och förutsättningar. En förutsättning för en individbaserad vård är att utveckla mer precisa medicinska och kliniska behandlingsmetoder. Det kräver forskning som utifrån kombinerade analyser av genetisk-, sociala-, miljömässiga- och livsstilsdata kan identifiera vilken vård som är mest effektiv för en given patient. Konkret betyder det att forskningen bakom en allt mer individualiserad vård är datadriven och beroende av tillgång till omfattande populationsbaserade databaser. Koordinering av biobanker som idag drivs av BIS, tillgång till Sveriges omfattande registerdata och kvalitetsregister, stöd för bioinformatik som tillhandhålls av NBIS spelar här en central roll. På europeisk nivå driver BBMRI-ERIC på för samordning av biobanker och ELIXIR erbjuder en europeisk struktur för bioinformatik. Att kunna utnyttja information från sociala media och olika teknologier, exempelvis hälsoappar, öppnar upp för nya möjligheter att förbättra förståelsen för hur individers beteende och

exponering för såväl sociala som miljömässiga faktorer påverkar hälsa och förutsättningar för vård. Liksom inom många andra områden medför utvecklingen att behoven av att lagra och analysera stora datamängder ökar.

4.2 Områden med behov av utveckling, förändrad finansiering eller andra åtgärder

4.2.1 Databaser och registerdata

Tillgången till longitudinella individdatabaser där individer följs under en följd av år inom ramen för undersökningar som upprepas regelbundet under långa perioder blir allt viktigare för både samhällsvetenskaplig och medicinsk forskning. Insamling av individdata från ett flertal länder möjliggör forskning om b.l.a. samhällsinstitutioners betydelse för människors ekonomiska och sociala beteende, mellanmänniska relationer, hälsa och integration. För att tillgodose behovet av longitudinella individdatabaser krävs målmedvetenhet, långsiktiga prioriteringar och samordning av både resurser och kompetens. Den satsning på databaser som Vetenskapsrådet gjorde år 2017 är ett viktigt steg i denna riktning. Bland annat gjordes då satsningar på tre nya infrastrukturer med ansvar att driva och utveckla databaser. Inom CORS drivs flera internationella surveyundersökningar som ESS, SHARE, ISSP. Även den svenska delen av den internationella valforskningsstudien Comparative Study of Electoral bedrivs inom ramen för CORS. REWHARD samordnar och driver omfattande longitudinella studier av arbetsliv och levnadsförhållanden, bland andra Levnadsnivåundersökningen (LNU) och SLOSH om hälsförhållanden på svensk arbetsmarknad. Ett stort antal undersökningar med relevans för äldreforskning, exempelvis SNACK, H70 och Betulaprojektet, samordnas av NEAR. Vetenskapsrådet ser framför sig en fortsatt utveckling mot samordning och långsiktiga prioriteringar av, brett definierat, databaser inom samhällsvetenskap och medicin.

Förbättrade möjligheter att utnyttja registerdata för forskning bör vara en fortsatt prioritet. Genom det arbete som Vetenskapsrådet bedriver inom Registerforskningsprojektet och framtagandet av verktyget RUT har framsteg gjorts för att förenkla utnyttjandet av register för forskningsändamål. RUT innehåller metadata, det vill säga beskrivning av innehållet i register och forskningsdatabaser, samt erbjuder stöd och hjälp åt forskare som vill använda registerdata. Projektet bör drivas vidare för att ytterligare intensifiera det samarbete som sker mellan olika registerförande myndigheter och företrädare för forskningen. Det är inte minst viktigt att hitta en myndighetsgemensam lösning för att ge forskare tillgång till registerdata. Inom hälsoområdet är bättre utnyttjande av systematiska data över läkemedelsanvändning inom sjukvården samt data från kvalitetsregistren viktiga utvecklingsområden. För att få ett heltäckande underlag för forskning om människors hälsoproblem bör också en diskussion föras om huruvida det är möjligt att finna en nationell lösning för att tillgängliggöra uppgifter från primärvården. Detta skulle främja forskningen inom området och bättre beskriva olika målgruppers behov, vilka insatser som ges inom primärvården och vilka deras konsekvenser är.

För att skapa en stark forskning inom livsvetenskaperna behövs tillgång till såväl hälso- och sjukvårdens infrastrukturer (till exempel journalsystem, behandlingsenheter, forsknings- och kvalitetsregister), som till mer renodlad forskningsinfrastruktur (till exempel biobanker, forskningsmiljöer med relevant ämnesspecifik kompe-

tens och logistik/teknik). För att på ett effektivt sätt kunna nyttja hälsodata behöver dessa infrastrukturer samordnas nationellt.

Förbättrade möjligheter att utnyttja register och kombinera data från olika källor måste ske under former som garanterar enskilda individers integritet. Tillämpningen av den europeiska dataskyddsförordningen GDPR och utvecklandet av tekniska lösningar som lever upp både till enskildas rätt till integritet och till forskningens behov är av avgörande betydelse.

4.2.2 Aggregerade och kontextuella data

Vid sidan av individdatabaser kräver forskningen tillgång till kontextuella data, det vill säga data om institutionella förhållanden, lagstiftning, ekonomi, organisering av välfärdspolitik med mera. När det gäller forskning om demokratins förutsättningar i olika länder är denna typ av data helt centrala. Men det gäller även inom många, för att inte säga de flesta, forskningsområden där forskningsfrågan rör individers beteenden och förutsättningar. Det bör understrykas att kontextuell information inte bara är central för samhällsvetenskaperna utan också exempelvis för epidemiologisk och historisk forskning. Sverige har när det gäller kontextdatabaser under många år varit internationellt framstående och en samordning och långsiktig prioritering är ett viktigt steg i den fortsatta utvecklingen av området.

4.2.3 Digitaliserat kulturarv och laborativ arkeologi

Det som ofta kallas digital humaniora är ett snabbt växande fält där infrastrukturer kan utvecklas. Arkeologi med laborativ analys är ett område som genererar stora datamängder. Idag saknas nationella infrastrukturer för en enhetlig och samordnad hantering, arkivering och publicering av forskningsdata på såväl vetenskaplig som konstnärlig grund inom humaniora. Sverige har i ett internationellt perspektiv ett relativt intakt och tillgängligt kulturarv samt tekniska och kompetensmässiga förutsättningar för att digitalisera och tillgängliggöra data. Resurserna för att göra detta är dock för få och för små och därtill bristfälligt koordinerade vilket betyder att Sverige har hamnat efter andra jämförbara länder inom detta område. Enskilda infrastrukturer på området saknar kritisk massa, och en samlad resurs behövs för att nationellt utveckla forskningen. Befintliga s.k. humanistiska laboratorier bör betraktas som delar av en sådan nationell infrastruktur för utforskning av den här typen av material.

4.2.4 Verklighetslabb

En teknisk forskningsinfrastruktur för hälsoforskning för experimentella men verklighetstrogna studier med människor kan användas till att utvärdera och utveckla innovativa lösningar, och för att optimera funktioner i vardagen (t.ex. med hjälp av Virtual Reality, simulerade miljöer). Denna typ av forskningsinfrastrukturer kan också utöka vår kunskap om interaktioner mellan person och miljö i en mångfald av discipliner, utöver de medicinska, och samtidigt förbättra användning av resurser genom delad dyr utrustning, tekniker och spetskunskap.

4.2.5 Biologisk/medicinsk avbildning

Vetenskapsrådet har satsat betydande resurser på medicinsk, i huvudsak makroskopisk, och biologisk avbildning och stödjer för närvarande den nationella mikro-

skopiinfrastrukturen för avancerad, högupplösande mikroskopi (NMI). En fortsatt samordning och nationell prioritering av biologisk/medicinsk utbildning är av stor vikt för både grund- och klinisk forskning. På europeisk nivå är området samordnat inom EuroBioimaging-ERIC och Vetenskapsrådet kommer under 2019 ta beslut om ett eventuellt svenskt medlemskap.

4.2.6 Storskaliga molekylära studier

Det finns ett behov av nationell infrastruktur för proteinproduktion och karakterisering av proteinprodukterna. Utvecklingen inom genomik har banat väg för insamling av flera typer av biologiska data i stor skala. Användningar av olika omik-metoder, såsom genomik, proteomik, metabolomik ökar snabbt. Klinisk användning av storskaliga tekniker, som fortfarande är på ett tidigt stadium, kommer sannolikt att öka vilket i sin tur ställer ökade krav på samarbete mellan sjukvården och forskningsutövare. Det finns redan plattformar för att sekvensera genom kliniskt för att kartlägga ärftliga sjukdomar (Clinical Genomics-noderna på SciLifeLab), och eftersom kunskapen om genetisk predisposition för olika sjukdomar ökar kommer detta att vara mer och mer användbart, framför allt för att ta fram information för preventiv vård. Detta gäller också för andra omik-tekniker, som t.ex. kan identifiera metaboliter och andra typer av biomarkörer för sjukdomar. Det gör det möjligt att skraddarsy behandlingar vid sjukdom och till och med att sätta in behandlingar för att förhindra eller försena uppkomst av sjukdomar.

4.2.7 Biobanker

I den nationella biobanksinfrastrukturen BIS som etablerades 2018 ingår samtliga universitet med medicinsk fakultet samt tillhörande universitetssjukvårdshuvudmän (landsting eller region) och målsättningen är att förbättra tillgången till prover och tillhörande data för forskare i akademi, hälso- och sjukvård och industri. Biobanksprov används dels för vård och behandling, dels för medicinsk forskning. För att biobanksprov ska kunna utnyttjas optimalt krävs harmoniserad insamling, dokumentering, förvaring och uttag av prover. En fortsatt utveckling av BIS och det samarbete som sker på europeisk nivå inom ramen för BBMRI-ERIC är därför nödvändig. Tack vara tillgången till registerdata har Sverige har en unik möjlighet att inom medicinsk/folkhälsovetenskaplig och samhällsvetenskaplig forskning använda sig av befintliga personnummerbaserade register och kombinera dessa uppgifter med data från biobanker.

4.2.8 Bioinformatik

I likhet med många andra områden produceras inom livsvetenskaperna allt större och komplexare datamängder. Stora krav ställs på redskap för att analysera och lagra data. Då det i många fall rör sig om potentiellt känsliga data från individer ställs också krav på säker hantering av data. För att möta detta har SNIC utvecklat det så kallade SNIC-sens för analys och lagring av känsliga data. Samtidigt finns ett behov att stärka kompetens inom statistik, bioinformatik och analys av stora datamängder. Här har bioinformatikinfrastrukturen NBIS, med finansiering från bland andra Vetenskapsrådet och KAW, organiserats inom ramen för SciLifeLab. NBIS erbjuder forskare stöd i analysprocessen som inbegriper standarder för datahantering, tillgång data, mjukvara och hjälp vid analyser och lagring av data. Behovet av denna typ av forskningsinfrastruktur förväntas öka. En utmaning är kopplingen

och integrationen av olika typer av data: att koppla patientdata med genetiska och molekylära data från grundforskningen för att utveckla diagnos, prevention och behandling inom fältet individanpassad medicin. Här finns en tydlig koppling till infrastruktur i form av databaser och register för folkhälsa och samhällskunskap samt e-infrastruktur (e-vetenskap). Det måste också ske en kunskapsöverföring av kompetenser inom bioinformatik, statistik och matematik som är kombinerad med förståelse för grundläggande frågeställningar inom livsvetenskaperna och klinisk forskning.

Bioinformatikområdet finns i gränslandet mellan grundläggande forskning och tillämpad forskning, mellan forskning och industri. Ytterligare en fråga är hur industrins användning av bioinformatik för att utveckla nästa generations läkemedel och hälso- och sjukvård ska utvecklas. Här finns behov av samverkan mellan olika forskningsfinansiärer så som Vetenskapsrådet, Formas och Vinnova och industrin för att möjliggöra att forskningsinfrastrukturer kan komma många till gagn.

4.2.9 Säkerhetslabb

Sjukdomar orsakade av infektioner är en vanlig orsak till sjuklighet i världen och de utgör den näst vanligaste dödsorsaken efter hjärtkärlsjukdom. För studier av de mikrober som orsakar infektioner, bakterier, virus, parasiter, svampar, maskar med mera, krävs laboratorier som är säkerhetsklassade i riskklass BSL2, BSL3, eller den ovanliga högsta säkerhetsklassen BSL4. BSL2 klass krävs också för forskning på organ, vissa celler och vävnader. I Sverige satsas det idag främst på infrastruktur i BSL1, den lägsta säkerhetsklassen, men det saknas nödvändig dedikerad utrustning som kan ställas in laboratorier med de högre säkerhetsklassningarna. Således skulle en nationell samverkan och satsning krävas på experimentell utrustning för dessa säkerhetsmiljöer såsom utrustning för t.ex. visualisering/mikroskopi, avbildning av levande celler, PET, magnetkamera, sortering med flödescytometri, etc.

4.2.10 Försöksdjur

Djurförsök möjliggör studier av grundläggande sjukdomsmekanismer och nya mediciners effekter och biverkningar. De är nödvändiga för att förstå komplexa sjukdomar hos både människor och djur, utveckla nya och mer effektiva sjukdomsbehandlingar, samt förbättra animalieproduktionen. Trots framsteg i utvecklandet av alternativa testmetoder finns idag inte alternativ som kan ersätta djurförsök och användandet av djurmodeller inom biologisk och medicinsk forskning är en viktig men också mycket kostsam och komplicerad verksamhet. Forskningen kräver idag mycket hög kvalitet på de anläggningar som används för djurexperimentell verksamhet. Samtidigt är det angeläget med krav på djurskydd och etik vilket återspeglas i det omfattande regelverk som omgärdar forskningen. Sammantaget betyder det att det behövs både ökade investeringar och bättre samordning för att tillgodose svenska forskningsbehov. För detta krävs en dialog och aktiv medverkan från de olika aktörerna i Sverige, främst svenska lärosäten, som för närvarande har utrustning och kompetens som är av nationellt intresse inom området.

4.3 Rekommendationer

- Stöd till initiativ som syftar till att utveckla kompatibla datasystem inom registerforskning bör fortgå. Att förenkla forskarsamhällets tillgång till regis-

terdata är angeläget för en rad forskningsområden. Pågående åtgärder för att stärka svensk registerbaserad forskning bör fullföljas, inklusive initiativ som syftar till att underlätta nordisk registerbaserad forskning och internationella jämförelser, samt fortsatt utredning kring legala aspekter och anpassning till GDPR.

- För att forskare till fullo ska kunna utnyttja de möjligheter som ges av storskaliga datainsamlingar och digitalisering krävs i framtiden infrastrukturella satsningar som underlättar omfattande insamling och bearbetning av data.
- Förutsättningarna för en infrastruktur för humaniora där data och resultat kan göras sökbara, delbara och återanvändningsbara, både nationellt och internationellt bör klargöras. Dessa behov inom humaniora kan möjligtvis tillgodoses inom ramen för existerande nationella infrastrukturer, men kan också kräva nya resurser.
- Den samordning och konsolidering av individdatabaser inom samhällsvetenskap och medicin som påbörjats bör följas upp och vidareutvecklas. Erfarenheter från detta arbete bör ligga till grund för liknande åtgärder inom andra områden som exempelvis digitalisering och tillgängliggörande av kulturarv samt kontextdatabaser inom samhällsvetenskaperna.
- Som en del av att förbättra möjligheten att använda register för forskning bör förutsättningarna att göra primärvårdsdata mer tillgänglig för forskning utredas i samarbete med sjukvårdens huvudmän.
- Utvecklingen mot en tydlig struktur där olika nationella aktörer samlar in, hanterar och distribuerar biologiska prover och data behöver fortsätta. En viktig del rör insatser som möjliggör utveckling av verktyg för lagring, beräkning och analys av data från livsvetenskaperna och medicinområdet.
- Forskningens behov inom omik-fältet utvecklas snabbt vilket ställer krav på utveckling av existerande plattformars kapacitet, teknik och metodutveckling. Den kliniska användningen av storskaliga tekniker kommer att öka vilket ställer krav på ökad kapacitet och på utveckling av plattformar med speciella krav för patient- och datasäkerhet. En tydlig trend är miniatyrisering, automatisering och utvecklingen mot omik-analys av enskilda celler. För att möta kraven krävs investeringar både i teknisk utrustning och i expertis.
- Säkerställ att infrastrukturer för proteintillverkning och karaktärisering finns tillgänglig.
- Det finns ett växande behov av att utveckla teknik och system för lagring, tillgängliggörande och analys av bildinformation. Behovet är tydligt inom en rad områden, allt från humaniora, samhällsvetenskap till medicinsk och biologisk avbildning.
- Forskningen står inför en situation där tillgången till och möjligheten att producera allt mer komplexa data ökar. Fenomen kan undersökas med högre upplösning och såväl fenomen som individer kan studeras longitudinellt. Data i form av text, ljud och bild kan med ny teknik analyseras för forskningsändamål. Data från olika källor kan kombineras på nya sätt. Allt detta ger forskningen nya möjligheter, men för att kunna ta till vara på dessa krävs en förbättrad kompetensförsörjning. Detta ställer stora krav på universitet och högskolor vad gäller utbildning och rekrytering. Samtidigt måste satsningar på forskningsinfrastruktur utformas på ett sätt som befördrar kompetensuppbyggnad och överförande av kompetens mellan olika forskningsområden.
- För att möta de ökade kraven rörande försöksdjur, vilka rör både kvalitet och djurhållning behövs ökade investeringar och bättre nationell samordning.

5. Observatorier och andra mätplattformar för astronomi, klimat, miljö och geovetenskap

Sverige bedriver avancerad forskning inom astronomi, klimat, miljö och geovetenskap. Dessa forskningsdiscipliner är nödvändiga för att möta framtida samhällsutmaningar och möjliggör nya tekniska lösningar, innovationer och framsteg inom grundforskningen. Klimat-, miljö- och geovetenskaper är avgörande för samhällets utveckling och för att förstå och påverka livsförutsättningarna i vår omvärld. Astronomi och astropartikelfysik hjälper oss att förstå universums struktur, utveckling och ursprung. Rymdfysiken är central för att bland annat förklara hur solen och jorden växelverkar och vilka effekter det kan ha på tekniska system och samhällsfunktioner.

5.1 Nyckelfrågor

Det är viktigt med tillgång till en bredd av komplementära nationella- och internationella forskningsinfrastrukturer för forskning inom astronomi, klimat, miljö, och geovetenskap. Astronomisk forskning behöver t.ex. tillgång till data från hela det elektromagnetiska våglängdsområdet men är också beroende av studier av partiklar och gravitationsvågor. Många centrala forskningsfrågor inom rymdfysik och astronomi kräver dessutom en kombination av mark- och rymdbaserade observationer. Inom klimat-, miljö- och geovetenskap behövs en fortsatt satsning på långa tidsserier, samtidigt som det finns ett behov av mobilitet och flexibilitet för avancerade mätningar i olika miljöer där den naturliga komplexiteten beaktas, och för att utnyttja Sveriges stora variation av miljötyper och klimatzoner. Därtill behövs ökade möjligheter att bedriva storskaliga experiment i respektive miljö som studeras för att kunna identifiera och kvantifiera orsakssamband i en mycket komplex verklighet.

Samtliga fält som berörs i detta kapitel är i behov av långsiktiga satsningar på infrastrukturer som genererar långa mätserier anpassade för forskning. Långa tidsserier av forskningsdata med tillräcklig upplösning i både tid och rum är viktiga för att kunna avgöra när förändringar sker och för att utveckla och verifiera modeller för komplexa processer. Satsningar som stärker Sveriges förmåga att generera, bevara, och förädla långa mätserier för forskning inom respektive fält är därför centrala, vilket innebär ett fortsatt behov av kontinuerlig tillgång till infrastrukturer med relevant mätkapacitet under lång tid – i många fall över flera decennier.

Metod- och teknikutveckling är centralt för världsledande forskning och ökad innovationspotential. Många av de stora vetenskapliga genombrotten möjliggörs genom utvecklingen av nya metoder och tekniker vid forskningsinfrastrukturer, och tidigare satsningar där sådan utveckling har varit en prioriterad och integrerad del framstår som goda exempel. I framtiden bör även mobila, autonoma och anpassningsbara tekniker för in-situ-studier premieras.

Det finns ett ökande behov av att kunna kombinera information från olika typer av forskningsinfrastrukturer och ibland är detta ett krav för fördjupad förståelse av komplexa processer. Som exempel kan nämnas kombinationer av rymd- och markbaserade mätningar för modellering av globala växthusgasbalanser. Förbättrad infrastrukturkoordinering gynnar inte bara svensk forskning utan ger också bättre förutsättningar för arbete med många samhällsutmaningar, som exempelvis de globala hållbarhetsmålen. Förbättrad organisation, mindre konkurrens mellan organisationer och ökade resurser för användarstöd och datahantering skulle ge större möjlighet för forskning och forskningens genomslag.

Det är även önskvärt att Sverige deltar i de internationella satsningar som strävar mot större känslighet och ökad upplösning (dvs. större skärpa för att kunna se detaljer och möjligheter att komma åt kortare längd- och tidsskalor) som behövs för paradigmskiften inom t.ex. astronomi, rymdfysik och astropartikelfysik.

5.2 Områden med behov av utveckling, förändrad finansiering eller andra åtgärder

Att forskningen inom alla områden blir mer dataintensiv skapar behov av infrastrukturer för datahantering, datalagring och dataintensiva beräkningar som är tillgängliga för alla forskningsfält. Behoven av HPC-resurser för avancerad modellering av exempelvis klimatmodeller kommer att fortsätta att öka.

5.2.1 Astronomi och astropartikelfysik

Långsiktig tillgång till forskningsinfrastrukturer med hög upplösning och känslighet är fortsatt viktigt. Den observationsbaserade verksamheten inom astronomi och astropartikelfysik är helt beroende av svenska forskares tillgång till stora internationella infrastrukturer. Fortsatt medlemskap i den europeiska astronomiorganisationen ESO är viktigt för att Sverige fortsatt ska kunna bedriva förstklassig forskning inom området. Tillgång till anläggningar utanför ESO t.ex. inom radioastronomi och solfysik är också central. Inom dessa områden har Sverige en framträdande ställning och har haft en tradition av stark teknikutveckling. I ESFRI:s vägvisare nämns den internationella radioastronomiinfrastrukturen SKA och ESO:s kommande optiska teleskop E-ELT som utvecklade landmark-projekt. Projekten drivs bl.a. genom studier av det tidiga universum (kosmologi), galaxutveckling och supertunga svarta hål, nya upptäckter av exoplaneter och deras biomarkörer. Anläggningarna kan även användas för studier av gravitationsvågor.

SKA kommer, tillsammans med det nuvarande radioteleskopet ALMA, sannolikt att vara det viktigaste instrumentet inom radioastronomi i framtiden. Inom optisk astronomi kommer E-ELT att dominera med stöd av ESO:s övriga teleskop, såsom VLT. Det planerade europeiska solteleskopet EST är ett ESFRI-projekt som på sikt förväntas ersätta det svenska solteleskopet SST. Dessa nya anläggningar är viktiga för svenska forskare och deltagande är därför angeläget. Inom astropartikelfysik har stora framsteg gjorts vid IceCube inom neutrinoastronomi, vilket motiverat en möjlig utbyggnad av denna infrastruktur. Sverige har från början spelat en central roll inom IceCube-projektet. Nationella noder inom radioastronomi, optisk astronomi och solfysik kommer även i fortsättningen att vara av betydelse och bör inriktas mot att främst stödja, driva och även till viss del komplettera de stora internationella anläggningarna.

5.2.2 Rymdfysik

Studier av rymdmiljön kring jorden och dess koppling till jordens atmosfär är viktig för att säkra kommunikationssystem, eldistribution och satelliter men också för att förstå klimatförändringen och dess effekter. Forskningen inkluderar observationer av norrsken, rymdväder, meteoror och rymdskrot. Den pågående uppgraderingen av radaranläggningen EISCAT till EISCAT3D kommer att ge nya möjligheter till studier av den nära rymden och den övre atmosfären, särskilt molnbildning och turbulens. För att utnyttja de möjligheterna på ett optimalt sätt bör det finnas stöd för det internationella konsortiebyggandet och ökad koordination med andra existerande infrastrukturer.

5.2.3 Geovetenskaper

Observationssystem för långsiktiga lokala, regionala eller globala mätningar är nödvändiga för förståelsen av jordens dynamik. Detta görs genom markbaserade internationella nätverk för att studera jordens uppbyggnad, men de används även för forskning och övervakning av jordbävningssoner och vulkaner. Dessa kompletteras med satellitplattformar, t. ex. inom ESA:s Copernicusprogram. EPOS är ett initiativ för att samordna, optimera och ge forskare tillgång till data från alla observationsnätverk över hela kontinenten. Svenskt deltagande i ett framtida EPOS-ERIC bör därför övervägas.

Provtagningar under markytan är nödvändiga för studier av exempelvis planetens utveckling, uppkomsten och utvecklingen av liv och dess förutsättningar, grundvatten och vattenkvalitet samt mineralresurser. Vetenskapsrådet är medlem i de internationella borrhprogrammen IODP och ICDP för att svenska forskare ska få tillgång till de mest avancerade verktygen för provtagning under havsbotten och på land. Genom borrhplattformen Riksriggeren har svensk forskning också tillgång till den mest kostnadseffektiva plattformen för borrhningar på land.

Analysinstrument med hög precision och upplösning såsom Nordsim/Vega samt strålrör vid MAX IV är angelägna för att möjliggöra forskning om jordens och solsystemets utveckling, då nyckeln till dessa storskaliga processer ofta ligger i strukturen och den kemiska sammansättningen av enskilda mineralkorn. Dessa analyser behövs också för att förstå den hydrologiska cykeln, jordegenskaper och livets utveckling.

5.2.4 Klimat och miljö

Sverige hyser stor variationsrikedom vad gäller miljöförhållanden på land och längs den långa kusten. Detta ger enastående möjligheter att bedriva forskning i många klimatzoner och naturtyper, och till integrerade studier av land-, mark- och vattenmiljöer, samt atmosfären. En fortsatt utveckling av och samordning mellan nationella och internationella infrastrukturer för sådan forskning, såsom de nationella fältstationerna organiserade inom SITES för studier av ekosystem samt ICOS och ACTRIS för mätningar av bland annat koldioxid och aerosoler, vore mycket gynnsam för att generera jämförbara dataserier och kunskapsutveckling över ekosystem- och disciplinräns.

Sveriges högkvalitativa marina forskningsinfrastrukturer i form av fartyg, obemannade farkoster, forskningsstationer och stationära mätbojar behöver samordnas för enklare och mer effektiv användning. Detta skulle vara till nytta för svensk forskning inom marina vetenskaper, meteorologi, limnologi, geologi, resursförvaltning och miljöövervakning. En koordinering av de stationära marina plattformar-

na och utveckling av den kustnära marina datainsamlingen med inspiration från SITES bör övervägas, liksom medlemskap i EMBRC-ERIC, en europeisk samordningsinfrastruktur för marinbiologi och ekologi. Den kapacitet som isbrytaren Oden ger svensk polarforskning är viktig och behöver säkras.

Bättre förståelse för hur system svarar på yttre påverkan, såsom klimatförändringar, är en av våra största utmaningar. Detta förutsätter mätningar och experiment som utförs in-situ och inkluderar systemens komplexitet, men som samtidigt kan replikeras och bedrivs över tillräckligt långa tidsskalor. Därför behövs etablering av mobila och flexibla mätsystem samt experimentmiljöer, som kan kopplas till existerande infrastrukturer.

Satsningarna på miljö- och klimatdatabaser är fortsatt viktiga. Som komplement till dessa databaser behövs även provbanker för att snabbt svara på frågor som hur, när och varför förändringar har skett och få kunskap om tidsserier när nya metoder blir tillgängliga. Här finns behov av att utreda förutsättningarna för en samordnad heltäckande svensk provbanksverksamhet för miljöprover.

5.3 Rekommendationer

- Långsiktigt stöd till forskningsinfrastrukturer inom klimat och miljö, geovetenskap, rymd- och atmosfärfysik samt astronomi bör säkerställas. Många fenomen inom dessa områden behöver studeras över lång tid för att förstås. Tidsskalorna varierar, men behovet av långa tidsserier är gemensamt.
- Regelbundna, substantiella och långsiktiga satsningar på utveckling av state-of-the-art mätmetoder, modeller och teknologier för infrastrukturer bör genomföras inom astronomi, klimat, miljö och geovetenskaper.
- Konstruktionen av den internationella rymdradaranläggningen EISCAT3D, för vilken Sverige är värd, har påbörjats. För att optimera det vetenskapliga utbytet av EISCAT3D bör en strategisk plan utvecklas kring kompletterande observationer och hur nya användargrupper kan utnyttja infrastrukturen och dess möjligheter.
- För att behålla Sveriges starka ställning inom radioastronomi, solfysik och astropartikelfysik rekommenderas svenskt deltagande i internationella satsningar och samarbeten. Deltagande i internationella storskaliga infrastrukturer är en förutsättning för att kunna bedriva förstklassig svensk forskning inom områdena.
- Tillgången till och utvecklingen av mobila, flexibla och autonoma plattformar för både mätningar och experiment bör säkerställas. Detta skulle möjliggöra in-situ-studier av komplexa system för att förstå processer och orsak-verkan inom klimat-, miljö- och geovetenskap.
- Förbättrad samordning av existerande marina infrastrukturer, såsom forskningsstationer, -fartyg och andra -plattformar bör eftersträvas. Små resursförstärkningar kan här leda till stora vetenskapliga vinster som bidrar till viktiga samhällsmål, t.ex. det globala hållbarhetsmålet.
- En utredning kring forskningens behov av långtidslagring av miljöprover bör utföras. Utredningen bör inkludera en översikt över vilka provbanker som finns, vilka nya kompletteringar som behövs, och hur önskvärd samordning och tillgänglighet ska uppnås.

6. Högteknologilaboratorier för fysik, kemi, material-, teknik- och livsvetenskaper

Sverige har idag en stark forskning inom fysik, kemi, material-, teknik- och livsvetenskaper. Dessa områden spänner över ett brett spektrum från grundforskning till tillämpad forskning som adresserar dagens samhällsutmaningar inom energi, miljö och hälsa. Därmed lägger forskningen grunden både för framtida innovationer och för att möta FN:s globala mål för hållbar utveckling.

Det breda spektrum av forskning inom fysik, kemi och teknik avspeglar sig i att frågorna sträcker sig från sökandet efter nya partiklar på subatomär skala för att förklara universums sammansättning, via forskning kring energisystem baserade på fusion, till studier av funktionen av komplexa komponenter in-situ, exempelvis ett batteri under laddning/urladdning. Teknikvetenskap och tillämpad forskning spelar en viktig roll inom exempelvis energiteknik, metallurgi, lättviktsmaterial och material från förnybara råvaror som skog. Dessutom kräver utveckling av anläggningar för grundläggande kärn- och partikelfysik oftast en betydande teknikutveckling som senare kan komma till nytta i bredare sammanhang i samhället.

De infrastrukturer av nationellt intresse som idag finns tillgodoser ofta behov inom många vetenskapliga områden. Ett exempel är infrastrukturer för neutronspredning, där Sverige som värd för ESS kommer att spela en viktig roll, som har användare som spänner över hela materialspektrumet – alltifrån partikelfysik till livsvetenskaper kommer att kunna studeras. Infrastrukturer inom detta område karaktäriseras idag främst av storskaliga anläggningar med en bred användarbas. Ett flertal av infrastrukturer är internationella och de som är nationella har även användare från andra länder.

6.1 Nyckelfrågor

Dagens nationella och internationella infrastrukturer för forskning inom kemi, tillämpad fysik, materialvetenskap, teknikvetenskap och livsvetenskaper omfattar röntgen- och neutronteknologier och tillgång till renrum. En allmän trend är att forskningen i allt högre utsträckning är behovsmotiverad, adresserar de globala utmaningarna och ofta sker i samverkan med industri och offentlig verksamhet.

För närvarande pågår en snabb utveckling av anläggningar för röntgentekniker genom den svenska synkrotronen MAX IV, den europeiska frielektronlasern European XFEL som precis tagits i drift, den europeiska synkrotronljusanläggningen ESRF som påbörjar en uppgraderingsfas och det svenska strålröret vid den tyska anläggningen PETRA III som inom kort står klart. För att möta skilda behov från ett brett spektrum av användare och forskningsfrågor krävs tillgång till alla anläggningar som har kompletterande karaktäristik (t.ex. ultrasnabba processer

vid European XFEL, avbildning med nanometerstora strålar på MAX IV och hög penetration med höga energier på ESRF och PETRA III).

Även neutronlandskapet genomgår en snabb förändring. Samtidigt som ESS i Lund är under konstruktion kommer flera äldre anläggningar att stängas. Den sammantagna effekten av detta torde, trots den kapacitetökning som ESS innebär, att leda till ökad konkurrens om stråltid. I sammanhanget bör det dock noteras att Sveriges användning av neutronspridningsanläggningar har fördubblats under de senaste fem åren och då främst på grund av att användarsamhället vuxit. Detta innebär visserligen högre kostnader för Sverige, men är ändå positivt då det innebär att svensk forskning står bättre rustad inför att ESS tas i bruk.

Inom nanoteknologi spelar det svenska renrumsnätverket Myfab en avgörande roll genom att erbjuda instrument och expertis för att producera och karaktärisera nya material, strukturer och komponenter. Trenden idag går mot allt mindre strukturer och en ökande komplexitet. Det pågår också ett internationellt arbete för att etablera ett EuroNanoLab med Myfab som partner.

Inom partikelfysiken ligger fokus på att förstå hur standardmodellen ska utvidgas för att förklara exempelvis mörk materia och förhållandet mellan materia och antimateria. För forskning om högenergi är de största utmaningarna att öka energin och att förbättra mätprecisionen vid sökning efter nya partiklar. Sverige är medlem i den europeiska partikelfysikanläggningen CERN och stöder där experimenten ALICE och ATLAS och är också engagerat i uppgraderingen av den nuvarande acceleratoren LHC till High-Luminosity LHC (HL-LHC), som ska påbörjas 2024. Fullt utnyttjande av LHC är av hög prioritet i Europa, och uppgraderingen till HL-LHC finns med på ESFRI:s vägvisare. Forskarsamhället arbetar nu med att uppdatera den europeiska strategin för partikelfysik, som väntas vara klar år 2020.

Ett framtida program för partikelfysik, bortom LHC, utgår ifrån att det både behövs mer kraftfulla hadronkolliderare för att uppnå de högsta energierna, samt leptonkolliderare kraftfulla nog att skapa, och med hög precision studera, de tyngsta partiklarna i standardmodellen. I den här riktningen finns det planer för ytterligare uppgraderingar av LHC och nya kolliderare vid CERN liksom vid andra anläggningar. Eventuella utvidgningar av standardmodellen behöver inte enbart leda till nya fenomen vid höga energier, utan kan också inbegripa nya, svårupptäckta, fenomen vid lägre energier. Därför finns det fortsatt behov av att utföra parallella och kompletterande sökprogram vid lägre energier inom exempelvis neutrinfysik och detektion av mörk materia.

Sverige är idag medlem i ISOLDE-anläggningen vid CERN för studier av atomkärnor. I framtiden förväntas den europeiska kärnfysikanläggningen FAIR, och de experiment som byggs upp där utgöra den mest avancerade anläggningen för hadron- och kärnfysik. FAIR kommer att erbjuda ett brett forskningsprogram som inkluderar detaljerade studier av den starka kärnkraften och materiens egenskaper under extrema temperatur-, täthets- och tryckförhållanden. Anläggningen kommer därför att vara av central betydelse för svenska forskare inom dessa områden. Sverige är medlem i FAIR, och svenska grupper är involverade i planeringen och färdigställandet av detektorsystem för dessa experiment. De först experimenten vid FAIR förväntas starta år 2025, och hela anläggningen förväntas vara färdig omkring 2030.

Att säkra en miljömässigt hållbar energiförsörjning är en av vår tid viktigaste frågor vilket inte minst avspeglas i den snabba utvecklingen av området. Forskningen på området rör hela kedjan från tillförsel, omvandling och distribution till

användning av energi. Utveckling av förnybara energikällor, exempelvis solenergi, vindkraft och bioenergi, är en viktig aspekt. Detsamma gäller forskning som syftar till att effektivisera och förbättra traditionella energikällor som vattenkraft och kärnenergi. Inom fusionsenergi ligger europeiskt och svenskt fokus på konstruktion och framtida drift av ITER som är en experimentreaktor för att visa på fusion som en möjlighet för framtida elproduktion. ITER förväntas vara i full gång först kring 2035. Idag är svenska forskare engagerade vid den europeiska anläggningen JET, dels som en förberedelse för ITER, dels för nuvarande forskningsprojekt. Inom nukleär fissionsforskning kräver utvecklingen av nästa generations reaktorer, som t ex Generation IV och acceleratordrivna system, nya material och diagnostik. Mycket av energiforskningen är beroende av avancerade forskningsinfrastrukturer för att förstå och utveckla material med specifika egenskaper. Specifika försöks- och demonstrationsanläggningar för att utveckla och testa ny teknik är också centrala.

En allmän trend är att nya experiment producerar stora mängder data (ökad detektortäckning, samplingsfrekvens, osv). Databehandling blir därför mer och mer komplext, och kräver tillgång till datorresurser som normalt inte är tillgängliga för enskilda användargrupper. Att se till att svenska användare har tillgång till relevanta datorresurser, antingen genom anläggningarna själva, eller genom andra nationella infrastrukturer, blir avgörande.

6.2 Områden med behov av utveckling, ändrad finansiering eller andra åtgärder

6.2.1 Kemi, tillämpad fysik, material-, teknik- och livsvetenskaper

Att realisera potentialen hos MAX IV är en fråga av nationell vikt. För att göra detta krävs ytterligare investeringar i strålrör, liksom långsiktigt stöd för driften av anläggningen vilket måste ligga på en nivå som möjliggör för anläggningen att ge forskare och andra användare det stöd som behövs vid förberedande och genomförande av experiment och, inte minst viktigt, analys av resultaten. Den svenska användarbasen bör öka och breddas, till nya fält och tillämpade vetenskaper, och också involvera industrin. Detta kan göras genom information, utbildning och stöd till grupper som är mindre bekanta med möjligheterna som dessa anläggningar erbjuder. Dessutom är det viktigt att MAX IV fokuserar på ett antal profilområden där man är världsledande. Intressenterna i MAX IV behöver komma överens om en långsiktig vetenskaplig strategi för att utveckla anläggningen.

MAX IV kan inte täcka alla behov vad gäller experiment med röntgenljus hos svenska forskare, eftersom alla tekniker inte kommer att vara tillgängliga där. Därför krävs fortsatt svenskt engagemang i ett antal internationella anläggningar med kompletterande tekniker, främst ESRF, PETRA III och European XFEL. Användningen av de stora röntgenanläggningarna ESRF, europeiska XFEL och PETRA III, där Sverige är medlem, måste utvärderas mot bakgrund av den stora investering som gjorts i MAX IV.

Även på neutronsidan finns det behov av en vidareutveckling av det svenska användarsamhället och engagemanget kring instrumentering vid ESS. Sverige förväntas stå för omkring 10% av driftskostnaderna för ESS. Givet det bör det långsiktiga målet vara att den svenska användningen av ESS också ska uppgå till cirka 10%. Det är betydligt mer än Sveriges användning av nuvarande anläggning-

ar. På grund av detta har flera initiativ tagits för att ytterligare stimulera tillväxten av användarsamhället. Som ett resultat av det ökande intresset för ESS ser vi redan idag en ökande svensk användning av anläggningar för neutronspridning. Det finns dock fortfarande behov av att vidareutveckla användarsamhället inför starten av ESS och tillgång till experimenttid behöver säkerställas. Det innebär att det svenska engagemanget i ILL bör öka ytterligare, samtidigt som det svenska engagemanget i den brittiska neutronanläggningen ISIS bibehålls. Kontraktet med ILL ska förnyas 2018, och bör då anpassas till det ökade svenska nyttjandet.

Ansvar för att se till att det finns lämplig infrastruktur för att stödja dataanalys och hantering av stora datamängder på anläggningar för röntgen- och neutrontekniker (i synnerhet MAX IV, European XFEL och senare ESS) är för närvarande inte klarlagt. Extrakostnaden för stora datamängder behöver inkluderas när nya infrastrukturer, inklusive nya strålrör/experimentstationer, planeras. En ny modell för att koordinera utvecklingen av den fysiska infrastrukturen och e-vetenskaplig infrastruktur (och finansiering av denna) behöver utvecklas.

För närvarande lanseras stora nationella och internationella forskningsprojekt mot kvantdatorer och kvantkommunikation, och det är viktigt att forskningen inom dessa strategiskt viktiga områden får tillgång till relevant infrastruktur liksom att tillgång till och utveckling av instrumentering kan säkerställas på lång sikt vilket kommer att kräva en utveckling och viss förnyelse av Myfab. Den snabba utvecklingen inom kvantteknologi leder till nya behov av instrumentering inom nanoteknik som tillhandahålls av Myfab.

Parallellt med de metoder som de storskaliga anläggningarna erbjuder finns en rad andra experimentella metoder som också tillhandahåller avgörande information. Dessa finns oftast tillgängliga på alla forskningstunga lärosäten och utgör viktig lokal infrastruktur. Men, de mest avancerade instrumenten, inom exempelvis elektronmikroskopi eller NMR, är idag väldigt dyra. En nyckelfråga är vilken roll en nationell infrastruktur inom dessa tekniker kan spela och hur den i så fall ska utformas samtidigt som universiteten fortsatt ansvarar för att möta de lokala behoven.

Inom teknikvetenskap finns också problematiken att behovet av infrastruktur angränsar/överlappar med behovet av anläggningar av pilottyp, med forskning och utveckling inom material, processer, metoder och tekniker som en integrerad del av själva anläggningen. Den tvärvetenskapliga naturen av sådana projekt avspeglas idag i att flera olika finansörer (privata och offentliga) ofta är inblandade vilket medför att finansiering av anläggningarna riskerar att falla mellan stolarna.

Eftersom olika komponenter i energisystemet ingår i ett komplext samspel är en bättre samverkan mellan olika forskningsfält och aktörer eftersträvarsvärd. För att möta behov inom fusionsforskning innan ITER är igång är det prioriterat att den europeiska anläggningen JET förblir i drift till åtminstone 2020. Hur övergången från JET till ITER ska optimeras behöver också konkretiseras. På samma sätt är det viktigt för användargrupper från fissionsforskningen att tillgång säkras till internationella anläggningar, som t ex Jules-Horowitz, ASTRID och MYRRHA, där bestrålning och lokala kemiska miljöer kan kombineras, för att på så vis bana väg för nästa generations reaktorer.

6.2.2 Partikel-, hadron- och kärnfysik

Inom forskningsfronten för högenergi bör tyngdpunkten under den närmaste framtiden ligga på fullt nyttjande av LHC, inklusive detektoruppgraderingar inför HL-LHC. Samtidigt blir det nödvändigt att utveckla nya tekniker för framtida acce-

leratorer, detektorer och deras datainfrastruktur. Längst har planeringen kommit för en eventuell ny elektron-positron-kolliderare, t ex ILC, som möjliggör precisionsmätningar av Higgspartikelns egenskaper. Här är svenska forskare redan involverade. För projekt som ligger längre fram i tiden är det viktigt att redan nu bedriva forskning och utveckling samt utföra designstudier, då tidsskalorna för dessa typer av projekt är oerhört långa.

När det gäller experiment med högentensitet-partikelstrålar för t ex. neutrinostudier och låg bakgrund-experiment för t.ex. detektion av mörk materia, stöder Vetenskapsrådet för närvarande ingen infrastruktur, men forskare kan fortfarande delta i experiment, forskning och utveckling och konstruktion genom internationella överenskommelser. Detta medger tillträde till forskning inom viktiga områden som neutrinofysik och detektion av mörk materia, och bör övervägas så länge det inte görs på bekostnad av LHC, HL-LHC och experiment vid framtida kolliderare på forskningsfronten för högenergi. En nyckelfråga är vilka anläggningar/experiment som Sverige kan och bör stödja förutom HL-LHC-uppgraderingen.

Potentialen för att använda ESS för partikelfysik är också intressant, och skulle kunna bredda Sveriges användarbas för ESS. Möjligheten att stödja svenska initiativ, i de fall de har en hög vetenskaplig relevans, bör undersökas.

För svensk hadron- och kärnfysikforskning finns det behov av tillgång till befintliga anläggningar under FAIR:s utvecklingsfas, i synnerhet för att testa instrumentering (t ex AGATA och CALIFA). Detta har aktualiserats ytterligare genom förseningen av FAIR. Det finns ett behov av en strategisk plan för kärnfysik, för att klargöra exakt vilka behov FAIR kommer att fylla och i vilken utsträckning kompletterande verksamhet behövs, dvs en nyckelfråga är vilka anläggningar som Sverige ska vara medlem i på lång sikt.

6.3 Rekommendationer

- Säkerställ att Sverige har en bred och stark användarbas vid starten för ESS och att svenska forskargrupper är involverade vid de första experimenten. Tillgång till dagens anläggningar (ILL och ISIS) på en nivå upp mot det svenska driftsbidraget för ESS bör därför på sikt uppnås. Dessutom bör åtgärder vidtas för att involvera svenska användargrupper i ett urval av de första åtta instrumenten vid ESS, så att de blir en del i de första experimenten som utförs. I det arbetet bör också ett eventuellt svenskt engagemang i partikelfysik vid ESS ingå.
- Utveckla en långsiktig strategisk plan (vetenskaplig och ekonomisk) för MAX IV för att säkra att den investering som gjorts i anläggningen utnyttjas fullt ut. Se över organisationsformen för MAX IV och tydliggör Vetenskapsrådets roll som huvudfinansiär. Strategier för svenskt engagemang i andra befintliga röntgenanläggningar, där Sverige är medlem, och framtida anläggningar, bör utgöra en del av detta arbete.
- Utveckla en strategisk plan för infrastrukturer för fusions- och fissionsforskning med en tydlig ansvarsfördelning mellan olika finansiärer och utförare. En nyckelpunkt är att förnya det svenska deltagandet i det samordnade EU-baserade fusionsforskningsområdet i det kommande ramprogrammet Horisont Europa för att säkra nuvarande aktiviteter tills ITER kommer i drift.
- Stöd nyttjandet av LHC, inklusive HL-LHC-uppgraderingen av acceleratoren, detektorerna och datainfrastrukturen. För framtida projekt bör forskning och

utveckling av nya tekniker för acceleratorer, detektorer och deras datainfrastruktur uppmuntras. Nya finansieringsformer för långsiktigt arbete med instrument- och teknikutveckling bör övervägas. Utvecklingen av infrastrukturer inom forskningsfronterna för hög intensitet och låg bakgrund, exempelvis inom neutrinfysik och detektion av mörk materia, bör också bevakas.

- Verka för att en långsiktig strategi för kärnfysik tas fram av användarsamhället, universiteten och Vetenskapsrådet gemensamt. Strategin ska syfta till att göra svenska forskare redo att dra nytta av FAIR när anläggningen kommer i drift.
- Definiera tydligt rollerna för och ansvarsfördelningen mellan universitet och nationella finansiärer i gränslandet mellan nationell infrastruktur och nätverk av lokala infrastrukturer (s.k. distribuerade infrastrukturer). Kriterier i form av mervärden och förutsättningar för forskning av högsta vetenskapliga kvalitet, användarbas och tillgänglighet bör definieras för att styra utvecklingen.
- Definiera tydligt rollerna för och ansvaret hos intressenter (universitet, statliga finansiärer och affärssektorn) inom teknikvetenskap och energiforskning för att förbättra samordningen av deltagandet och finansieringen av nationella forskningsinfrastrukturer.

7. e-Infrastruktur

Metoder och verktyg för e-vetenskap får allt större betydelse inom så gott som alla vetenskapliga forskningsfält, både i Sverige och i världen. E-infrastrukturer blir därmed en allt viktigare del i forskares vardag. Traditionellt har behoven av beräkningar på högprestandatorer, tillgängliga genom SNIC, dominerat användandet av e-infrastruktur med stark forskning inom t.ex. material och strömningsmekanik. Växande behov drivs av nya tekniker och infrastrukturer som genererar betydande datamängder inom framgångsrika forskningsområden som t.ex. livsvetenskaper och bildanalys.

7.1 Nyckelfrågor

Utvecklingen i forskningsområden med stora behov av e-infrastruktur går snabbt och den sker i ett internationellt sammanhang. Rapporten ”Swedish Science Cases for e-Infrastructure” beskriver hur kvaliteten i såväl basen som spetsen i svensk forskning kan behållas och stärkas genom satsningar på e-infrastruktur. Kontinuerligt stöd i form av storskaliga datorresurser för beräkning, lagring, nätverk etc. behöver säkerställas. Dessutom behövs långsiktiga extra satsningar på avancerat användarstöd, inklusive karriärvägar inom e-infrastrukturen, samt utbildningsinsatser på alla nivåer inom högskolan. Potentialen för svensk forskning att behålla en mycket framstående plats inom etablerade områden inom avancerade beräkningar är stor. Inom dessa områden är utmaningen omställningen till nya datorarkitekturer och skalbarhet, till exempel ”exascale computing”. Potentialen är om möjligt ännu större inom nya forskningsområden där helt nya insikter och banbrytande framsteg kan göras genom att använda avancerade e-verktyg.

Den tydligaste pågående förändringen som genomsyrar hela forskningsfältet är de ökade behoven av datalagring och verktyg för att analysera stora datamängder, så kallad datadriven forskning. Många av dagens forskningsinfrastrukturer genererar stora e-infrastrukturbehov i form av lagring av högupplösta observationer där nationell och internationell tillgång till data för analys, bildbehandling och visualisering är nödvändig. De forskningsområden som traditionellt varit beräkningskrävande, som simuleringar inom strömningsmekanik, plasmafysik, elektromagnetism, klimat, materialfysik och kvantkemi, har snabbt ökande behov av lagring och analys då nya forskningsfrågor studeras med finmaskigare beräkningsnät. Även ett ökande intresse för att studera utvecklingen av dynamiska system noteras som medför avsevärt större lagringsbehov och nya metoder för analyser. Andra infrastrukturer genererar mindre datamängder men behoven att organisera data, kombinera olika former av data, utarbeta metadata samt att stärka incitament för tillgängliggörande av data är av högsta vikt. Det ökande intresset från forskare inom områden

där e-vetenskap är relativt nya verktyg, t.ex. inom medicin, samhällsvetenskap och humaniora, medför ett ökande behov av stödfunktioner, kompetensutveckling och utbildning.

Behoven av infrastruktur inom datadriven forskningen ser mycket olika ut och frågor som diskuteras på flera nivåer både nationellt och internationellt gäller tillgänglighet, ägande samt etiska och juridiska aspekter, inte minst i relation till EU:s nya dataskyddsförordning (General Data Protection Regulation, GDPR). Det är viktigt att det finns möjligheter inom e-infrastrukturer att testa och använda tekniska lösningar för att hantera och göra beräkningar på känsliga data. Stöd och inspiration finns att hämta inom ramen för t.ex. EOSC (European Open Science Cloud) för att på bästa sätt stödja svensk forskning.

E-infrastruktur förändras snabbt vilket kan leda till oklarheter vad som är forskning och vad forskare kan förvänta sig att e-infrastrukturerna tillhandahåller i form av hårdvara, mjukvara och support. En betydande del av mjukvaru- och tjänsteutvecklingen sker inom forskargrupper och en mekanism för överföring av viss mer generell programvara och tjänster till infrastrukturen vore tilltalande. En del av utvecklingen borde även kunna ske inom infrastrukturen.

En betydande ökning av resurser och tjänster inom e-infraområdet är nödvändig för ett effektivt användande av många existerande och planerade infrastrukturer som MAX IV, SND och EISCAT3D. Detta ställer krav på hur det svenska e-landskapet organiseras och finansieras.

Samordningsvinster på nationell skala möjliggörs genom avancerat stöd och tjänster från organisationer som SND, SNIC och SUNET vilket ställer krav på både finansiering och styrning². Ansvar för arkivering av data ligger på lärosäten vilket i realiteten betyder att det är delegerat till forskaren. Vad som behöver arkiveras, hur man kan långtidslagra data och rutiner kring detta är dock i nuläget mycket oklart för många forskare.

7.2 Områden med behov av utveckling, förändrad finansiering eller andra åtgärder

I den allmänna digitaliseringen av samhället har forskningen en speciell roll. Naturligtvis som källa för ny kunskap och teknologi men också som en vägvisare för hur avancerad IT kan komma till användning i praktiken. Internet och dess föregångares introduktion i Sverige är bara ett exempel på hur forskningens behov har visat vägen. För fortsatt framgång krävs intensifierade åtgärder för att koppla samman olika forskningsområden med den mest avancerade IT- och kommunikationsforskningen. Inom de närmaste åren kommer detta speciellt att gälla Internets utveckling ("nästa generation Internet"), nya avancerade datorarkitekturer för högpresterande beräkningar, nya tillämpningar av forskningsverktyg som maskininlärning och artificiell intelligens, samt visualisering och tjänster för att hantera, upptäcka, tillgängliggöra, använda och bevara (öppna) forskningsdata.

Digitaliseringen resulterar bland annat i en effektivisering av forskningsprocessen och möjliggör intensivare och större nationella och internationella samarbeten med forskningsdata i fokus. Internationella forskningsinfrastrukturer baserade på federerade dataresurser är en tydlig trend som redan lett till omstrukturering av många naturvetenskapliga områden och öppnar nu också helt nya möjligheter inom human- och socialvetenskaperna. Interoperabla data inom och mellan forsknings-

2 En utredning kring dessa frågor pågår på uppdrag av URFI och VR RFI.

områden bygger på internationella och helst globala överenskommelser om t.ex. dataformat och sätt att arbeta. Svenskt deltagande i sådant arbete är mycket viktigt för att tillgodose svensk forsknings prioriteringar. Samordning på global och europeisk nivå av arbetet för att ta fram riktlinjer etc. sker redan genom t.ex. OECD:s olika arbetsgrupper inom ”open science” och initiativ som EOSC med det ambitiösa målet att samordna och tillgängliggöra nationella och europeiska resurser för öppna forskningsdata. Samordning av detta arbete på nordisk nivå är att rekommendera för bättre genomslag av specifika prioriteringar på europeisk och global nivå.

Inom ett årtionde kan vi också förvänta oss de första konkreta tillämpningarna av nästa kvantrevolution med kvantkommunikation, kvantdatorer, och kvantsimulatorer. Det är av stor vikt att tidigt analysera och förbereda svensk e-infrastruktur för de förändringar i kodstruktur som är nödvändiga vid datorarkitektbyte och möjligheter till ny banbrytande forskning detta kan komma att innebära.

Data inom olika forskningsområden har olika egenskaper och hur de genereras och analyseras skapar olika infrastrukturbehov. För forskningsområden som är starkt på uppgång inom användandet av e-infrastruktur, såsom humaniora, samhällsvetenskap och i viss mån medicin och livsvetenskaper, är det vanligt att forskningen bygger på databaser, register eller genetisk information där EU-direktiv som GDPR gäller. Det ställer nya krav på e-infrastrukturen, både i termer av hård- och mjukvara men främst i form av strikta rutiner kring hantering, användning, drift och till och med avveckling av infrastrukturen. I utvecklandet av dessa e-infrastrukturer bör användarvänligheten för forskare beaktas när man säkerställer de juridiska aspekterna, som gäller hur data kan tillgängliggöras, delas och användas.

Inom astronomi, miljö, klimat och geovetenskaper är behovet av strukturerad lagring i databaser stort. Betydande framsteg för förståelsen av rymden och vår planet och dess utveckling kan nås genom att kombinera data från olika källor t.ex. från instrument på marken och i rymden, samt från fysiska, biologiska och kemiska observationer. Detta ställer krav vid byggandet av databaser så att utnyttjande av data från många källor för t.ex. processförståelse genom modellering, dataassimilering eller klimatmodellering, kan ske effektivt. Samordning och kunskapsöverföring från redan organiserade områden, samt aktivt deltagande i nordiska (t.ex. NeIC – Nordic e-Infrastructure Collaboration), europeiska och globala initiativ, är avgörande för framgång.

Subatomär fysik, särskilt partikelfysik, är ett område som vuxit fram genom datadriven forskning. Partikelacceleratorer är datageneratorer, där forskare kan studera även sällsynta fenomen med mycket hög precision tack vare effektiv hantering av mycket stora datamängder. Anläggningar som MAX IV och ESS har kapacitet att producera flera petabyte data varje år och den framtida HL-LHC-acceleratorn vid CERN kan nå exabyte-skalan redan 2024. För optimal utnyttjande av dessa infrastrukturer är det av största vikt att användare av dessa anläggningar har tillgång till adekvat infrastruktur för beräkningar och datahantering som är integrerad med nationell e-infrastruktur.

Flera forskningsområden genererar data som är lagrade som filer och inte i standardiserad databasformat. Här är specialanpassad programvara som även medför att de är tillgängliga för användning inom stora internationella forskargrupper ett behov. Detta gäller områden som experimentell fysik, strömningsberäkningar, klimatmodellering och materialfysik och leder även till att e-infrastrukturutmaningar som mycket stora och långsiktiga lagringsmöjligheter (inklusive bandlagring), högkapacitetsnätverk m.m. Deltagande i internationellt koordinerade projekt ställer också ibland krav på åtaganden av perioder av stora beräkningsbehov år i förväg, något som nuvarande tilldelningssystem inte kan hantera.

Flera stora forskningsområden har tilltagande behov av omfattande databehandling. Utveckling bör stödjas för att tillfredsställa behov som innebär dataanalys med hög genomströmning, inklusive hårdvaruarkitekturer och programvarulösningar. Utvecklingen av dessa teknologier sker internationellt och Sverige har potential att spela en ledande roll när det gäller att utveckla mjukvarumetoder, verktyg och tjänster. De stora datamängderna som produceras och lagras möjliggör att data kan användas inom nya områden och i nya kombinationer. Algoritmer och analysmetoder sprids till andra fält och får nya tillämpningar och idag ser vi till exempel att AI-metoder sprids till fler gränsöverskridande forskningsområden. Flera satsningar görs idag inom AI och inte minst då av KAW genom satsningen på Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program (WASP). Utvecklingen betyder att behoven av datalagring, nätverk, verktyg för analys, visualisering och möjlighet till avancerade beräkningar ökar snabbt och expansivt inom flertalet forskningsområden, näringslivet och samhället i stort. Då datadriven forskning är beroende av datakvalitén som forskarna har tillgång till, ställs också större krav på cybersäkerhet och kvalitetsgranskning av data.

Sammanfattningsvis ser Vetenskapsrådet ett stort behov av ökad finansiering för e-infrastruktur som bör prioriteras för att svensk forskning ska fortsatt kunna hålla hög internationell kvalitet. Tillgången till forskning, utbildning och kompetens, både bredd och djup (användning och utveckling) inom e-vetenskap bedöms inte som tillräcklig och bör stärkas. En kraftig kapacitetshöjning behöver prioriteras för att tillfredsställa behoven som finns inom såväl forskningen som samhället i stort. En sådan kapacitetshöjning måste inbegripa distribuerade lösningar där kapaciteter delas mellan länder.

7.3 Rekommendationer

- Säkerställ tillräcklig åtkomst till nätverk, lagring, datorresurser, avancerat användarstöd, e-vetenskapliga verktyg och databaser. En betydande ökning av resurser inom e-infrastrukturområdet är nödvändigt för att möta de accelererande behoven inom svensk forskning. Det är viktigt att garantera tillgång till kraftfulla nationella superdatorresurser för fortsatt utveckling av beräkningsintensiv forskning samt att bredda e-infrastrukturernas ansvarsområden för att fånga upp nya e-forskningsmetoder. Delar av mjukvaruutveckling samt avancerat användarstöd bör ingå i infrastrukturerna.
- Systemen för att få tillgång till e-infrastruktur behöver ses över så att det är möjligt att med god tidshorisont kunna planera för mer flexibel tilldelning av resurser för att möjliggöra deltagande i internationellt koordinerade projekt.
- För att tillgodose beräkningsbehov som går utanför vad som är möjligt att tillhandahålla i Sverige är det viktigt att Sverige är fortsatt engagerat i det europeiska samarbetet PRACE och medverkar i Euro-HPC, så att vi är med och utvecklar EU:s strategi för HPC i Europa och får full utväxling på de investeringar som görs på EU-nivå.
- Sverige bör bevaka och engagera sig i utvecklingen internationella samordningsinitiativ såsom NeIC och EOSC.
- Datadriven forskning utvecklas snabbt och expanderar till nya forskningsområden vilket medför att följande aspekter behöver beaktas:
- e-Infrastrukturer behöver organiseras så att de har förmåga att ge rätt stöd till forskarmiljöer med olika erfarenhet, från väl etablerade till nya användare.

- Kompetenshöjande insatser behövs för både experter inom infrastrukturmiljöerna och i forskargrupperna.
- Forskarmiljöernas möjligheter för kostnadseffektiv lagring av data, för både analys och långtidslagring, behöver förtydligas och kommuniceras.
- De juridiska och tekniska aspekterna för öppna data, speciellt för känsliga data (t.ex. personuppgifter), behöver hanteras för att möjliggöra banbrytande forskning.
- Effektivisering vid tillgängliggörandet av data genom att använda internationellt överenskomna metadata och standardisering av databaser.
- Ökad samordning och interaktion mellan existerande forskningsinfrastrukturer som är dataproducenter för att skapa samordnings- och effektivitetsvinster samt möjliggöra forskning med större dataunderlag.
- Den pågående accelererande utvecklingen av e-metoder ställer nya krav på utbildning på grund- och forskarnivå inom högskolan. Existerande utbildningar inom alla vetenskapsområden behöver moderniseras och helt nya med tyngdpunkt på nya e-vetenskapsmetoder behöver skapas för att möta forskningens framtida behov.

Bilaga 1. Akronymmer och ordförklaringar

ACTRIS	Aerosols, Clouds and Trace gases Research Infrastructure Network
AI	Artificiell Intelligens
ALMA	Atacama Large Millimeter Array
ASTRID	Aarhus Storage Ring in Denmark
BBMRI ERIC	Biobanking and Molecular Resource Infrastructure
BIS	Nationell biobanksinfrastruktur
CERN	European Organization for Nuclear Research
CESSDA	Consortium of European Social Science Data Archives
CLARIN	Common Language Resources and Technology Infrastructure
CORS	Comperative Research Centre Sweden
EBI	European Bioinformatics Institute
ECORD	European Consortium for Ocean Drilling
E-ELT	European Extremely Large Telescope
EISCAT	European Incoherent Scatter Facility
ELIXIR	European infrastructure for bioinformatics)
EMBL	The European Molecular Biology Laboratory
EMBRC	European Marine Biological Resources Center
EOSC	European Open Science Cloud
EPOS	European Plate Observing System
ERIC	European Research Infrastructure Consortium

ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructure
ESO	European Southern Observatory
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
ESS	European Spallation Source
ESS	European Social Survey
EURO-HPC	Europeiskt samarbete inom e-infrastruktur
FAIR	Facility for Antiproton and Ion Research
FAIR	Princip för datahantering – Findable Accessible Interoperable Reusable
GBIF	Global Biodiversity information facility
GDPR	Europeiska dataskyddsförordningen
GEANT	Projekt inom e-infrastruktur finansierat av EU
GIS	Geografiska informationssystem
HPC	High-performance computing
ICDP	International Continental Drilling Program
IceCube	South Pole Neutrino Observatory
ICOS	Integrated Carbon Observatory System
ILL	Institute Laue Langevin
in-situ	På plats i vävnad/material
IODP	International Ocean Discovery Program
ISF	Institutet för solfysik
ISIS	Brittisk neutronkälla
ISOLDE	Anläggning för kärn- och hadronfysik
ISSP	International Social Survey Program
ITER	Experimentreaktor för fusionsforskning

JET	The Joint European Torus (europeisk fusionsforskningsanläggning)
KAW	Knut och Alice Wallenbergs stiftelse
LHC	Large Hadron Collider LifeWatch en e-infrastruktur för biodiversitetsdata
LNU	Levnadsnivåundersökningarna
MAX (IV)	Microtron Accelerator for X-rays
Myfab	Nätverk för mikrofabrikationslaboratorier
MYRRHA	Multi-purpose hybrid reactor for high tech applications
NBIS	Infrastruktur inom livsvetenskaper för bioinformatik
NEAR	The National E-infrastructure for Aging Research
NeIC	Nordiska samarbetet inom e-infrastruktur
NGI	National Genomics Infrastructure
NMR	Nuclear magnetic resonance
Nordsim	Nordic Secondary Ion Mass Spectrometer
NORDUnet	Samnordiskt datornätverk för de nationella nordiska forsknings- och universitetsnätverken.
PETRA	Synkrotronljusanläggning i Tyskland
PRACE	Partnerskap för avancerade beräkningar i Europa
REWHARD	Relations, Work and Health across the life-course – A Research Data infrastructure
RFI	Rådet för forskningens infrastruktur
RJ	Riksbankens jubileumsfond
RUT	Sök- och metadataverktyg
SCB	Statistiska centralbyrån
SciLifeLab	Science for Life Laboratory
SHARE	Survey of Health Ageing and Retirement in Europe
SITES	Swedish Infrastructure for Ecosystem Science

SKA	Square Kilometer Array
SLOSH	The Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health
SND	Svensk nationell datatjänst SNIC Swedish National Infrastructure for Computing
SNIC	Swedish National Infrastructure for Computing
SoS	Socialstyrelsen
SUNET	Svenska universitetsnätverket
SwedPop	Infrastruktur för historisk demografidata
UGU	Utvärdering Genom Uppföljning
URFI	Universitetens referensgrupp för forskningsinfrastruktur
VEGA	Center med analysinstrument för geovetenskap
VLT	Very Large Telescope
WLCG	System för att hantera data vid CERN
XFEL	X-ray Free Electron Laser Facility

Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen är en plan för hur svenska forskare inom akademi, offentlig sektor och industri ska få tillgång till den mest kvalificerade forskningsinfrastrukturen i Sverige och i andra länder.

Med forskningsinfrastruktur menas centrala eller distribuerade forskningsanläggningar, databaser eller storskaliga beräknings-, analys- och modelleringsresurser.

Guide till infrastrukturen är Vetenskapsrådets vägvisare för Sveriges långsiktiga behov av nationell och internationell forskningsinfrastruktur. Den utgör underlag vid diskussioner om finansiering av framtida infrastrukturer inom Vetenskapsrådet, men även i samråd med andra forskningsfinansiärer nationellt och internationellt.

Venskapsrådet gav ut den första utgåvan av guiden 2006. Denna har kompletterats med uppdaterade versioner 2008, 2011 och 2014.

Vetenskapsrådet
Västra Järnvägsgatan 3
Box 1035, 101 38 Stockholm
Tel 08-546 44 000
vetenskapsradet@vr.se
vetenskapsrådet.se

Vetenskapsrådet har en ledande roll för att utveckla svensk forskning av högsta vetenskapliga kvalitet och bidrar därmed till samhällets utveckling. Utöver finansiering av forskning är myndigheten rådgivare till regeringen i forskningsrelaterade frågor och deltar aktivt i debatten för att skapa förståelse för den långsiktiga nyttan av forskningen.