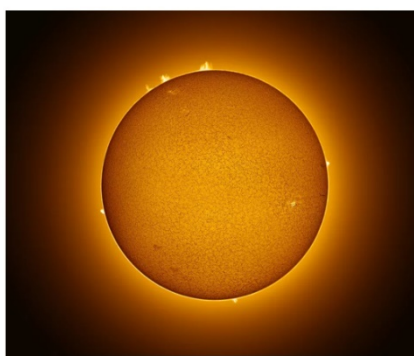
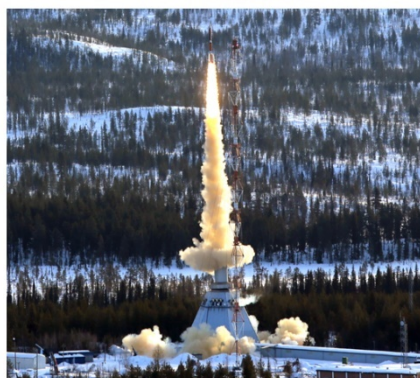
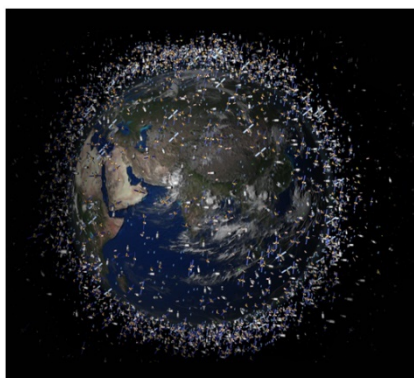


## En operationell rymlägesbild – förslag till hur en nationell förmåga kan etableras



*Rymdstyrelsens rapport för regeringsuppdrag U2020/06627*

---

**Postadress**

Box 4006  
171 04 Solna

**Besöksadress**

Hemvärnsgatan 15  
Solna

**Telefon**

08-40 90 77 00

**Telefax**

08-627 50 14

**E-mail**

rymdstyrelsen@snsa.se  
www.rymdstyrelsen.se

## Innehåll

1	Sammanfattning.....	3
2	Inledning.....	3
3	Om begreppet rymdlägesbild.....	4
3.1	Vad är och varför behövs en nationell rymdlägesbild?.....	4
3.2	Möjliga funktioner inom en rymdlägesbild.....	5
3.3	Sensorer för övervakning av rymdmiljön.....	6
4	Rymdlägesbild i internationell kontext.....	7
4.1	USA.....	7
4.2	Tyskland.....	7
4.3	Frankrike.....	8
4.4	Finland.....	8
4.5	EU.....	8
5	Förslag till operativ rymdlägesbild.....	9
5.1	Övergripande förslag.....	9
5.2	Befintliga förmågor.....	9
5.3	Tre steg mot en rymdlägesbild med egen förmåga.....	10
	Steg 1 – Miniminivå.....	10
	Steg 2 – Inköp av data för utveckling av egna tjänster, kompetensuppbyggnad.....	12
	Steg 3 – egen radarsensor för inmätning.....	13
5.4	Operativ funktion.....	14
6	Diskussion och förslag till åtgärder.....	16
6.1	Vägen till en operationell rymdlägesbild med egen förmåga.....	16
6.2	Kompetens- och utbildningsbehov.....	16
6.3	Säkerhetsaspekter.....	16
6.4	Framtidsperspektiv.....	17
6.5	Förslag till åtgärder i nästa steg.....	17
	Bilaga 1: Begrepp och definitioner.....	18
	Bilaga 2: Synpunkter från tillfrågade aktörer.....	20
	Bilaga 3: [Separat].....	21
	Bilaga 4: Förkortningar.....	22

## **1 Sammanfattning**

Föreliggande rapport redovisar regeringsuppdraget att föreslå etablering av en funktion för operationell rymdlägesbild (U2020/06627).

Rymdlägesbild är i grunden en samlad aktuell information om situationen i rymden inklusive de hot som finns både mot infrastruktur i rymden och på marken. Som ansvarsfull rymdnation bör Sverige kunna bidra till arbetet med att identifiera, katalogisera och följa satelliter samt analysera risker för exempelvis kollisioner. Sverige saknar i dagsläget förmågor inom området rymdlägesbild, med undantag för rymdväder (där prognoser görs för hur solens aktivitet kan komma att påverka verksamheter på jorden).

En rymdlägesbild kan innehålla ett antal funktioner, som att leverera tjänster åt olika användare. Dessa tjänster kan inhämtas på olika sätt, antingen genom upphandling, genom samarbete kring rymdlägesbild på internationell nivå, eller genom egna förmågor. Inget lands nationella rymdlägesbild täcker alla funktioner med egen förmåga, utan kräver samarbete, exempelvis genom EU.

Rymdstyrelsen föreslår att Sverige ska etablera en nationell operationell rymdlägesbild med egen förmåga för inmätning av rymdobjekt med hjälp av en rymdradar placerad i norra Sverige. Etableringen föreslås ske stegvis där det första steget är att etablera en operationell funktion för samordning av rymdlägesbilden. Till den operativa funktionen kopplas myndigheter som tillför information eller tjänster till en gemensam rymdlägesbild. Vid den operativa funktionen behövs kompetens från alla delar av rymdlägesbilden, för att kunna hantera olika krav och behov. Funktionen behöver kunna behandla såväl civil information som information under utrikes- säkerhets- och försvarssekretess.

I rapporten föreslås att Rymdstyrelsen koordinerar arbetet med rymdlägesbilden och dess etablering. Den operativa funktionen bör placeras hos en myndighet med vana att hantera operationell verksamhet samt vana att hantera sekretessklassad information.

Rymdstyrelsen har under uppdraget inhämtat synpunkter från Försvarmakten, Försvarets materielverk, Totalförsvarets forskningsinstitut, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap samt Säkerhetspolisen.

## **2 Inledning**

Rymdstyrelsen har fått i uppdrag av regeringen att föreslå hur en nationell förmåga till operationell rymdlägesbild ska kunna etableras (U2020/06627). Rymdlägesbilden ska kunna tillgodose det samlade nationella behovet. Uppdraget ska redovisas till regeringen (Utbildningsdepartementet) senast 15 juni 2021. Under uppdragets gång har synpunkter inhämtats från bland andra Försvarets materielverk, Försvarmakten, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Säkerhetspolisen och Totalförsvarets forskningsinstitut.

I regeringens skrivelse ”En strategi för svensk rymdverksamhet” (Skr. 2017/18:259) lyfts rymdbasen Esrange fram som strategisk resurs ur både ett nationellt och ett europeiskt perspektiv gällande bland annat forskning, utveckling, demonstrationsaktiviteter, testverksamhet och annan rymdrelaterad verksamhet. Rymdstyrelsen fick i april 2020 i uppdrag att beskriva och analysera de utrikes-säkerhets- och försvarspolitiska aspekterna av en förhöjd förmåga vid Esrange. I redovisningen av uppdraget (U2020/03759) föreslog Rymdstyrelsen att en operationell rymdlägesbild – dvs. en överblick av vad som sker i rymden vid en viss tidpunkt samt vid ett visst geografiskt område – med tillhörande analysförmåga, skulle etableras.

I rapporten används en hel del förkortningar. I bilaga 4 finns förteckning över alla förkortningar.

Bilaga 3 till rapporten ingår inte i detta dokument på grund av sekretess.

### **3 Om begreppet rymdlägesbild**

#### **3.1 Vad är och varför behövs en nationell rymdlägesbild?**

Det finns ingen enhetlig definition om vad en rymdlägesbild är eller vilka tjänster som ingår. Rymdlägesbild är i grunden en samlad aktuell information om situationen i rymden inklusive de hot som finns både mot infrastruktur i rymden och på marken.

Det finns flera skäl till att Sverige bör etablera en nationell rymdlägesbild. Rymden växer i strategisk, teknisk och ekonomisk betydelse och antalet aktiva satelliter i omloppsbana ökar stadigt. Likaså ökar antalet inaktiva satelliter och rymdskrot och därmed risken för kollisioner och skador på aktiva satelliter eller andra rymdobjekt. Som ansvarsfull rymdnation bör Sverige kunna bidra till arbetet med att identifiera, katalogisera och följa satelliter samt analysera risker för exempelvis kollisioner. Som exempel så kan stater som bidrar till en stärkt SST-förmåga (*Space Surveillance and Tracking*) på EU-nivå också dra nytta av andra staters förmågor. Det finns även ett utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiskt intresse av att öka den nationella förmågan.

Ett av skälen till att i nuläget etablera en nationell rymdlägesbild är regeringens mål om att Sverige ska sända upp satelliter i omloppsbana. *European Space and Sounding Rocket Range*, Esrange, etablerades 1964 och sedan 1972 drivs anläggningen av det statligt ägda Svenska rymdaktiebolaget (Swedish Space Corporation, SSC). Från Esrange sänds idag två typer av farkoster upp: sondraketer och ballonger. Sondraketer sänds upp till övre atmosfären, upp till 900 kilometers höjd, för att göra mätningar på plats eller för att utföra mätningar under fallet tillbaka till jorden. Ballonger lyfter sin nyttolast upp till 40 kilometers höjd, där mätningar genomförs. Nu planeras en utökning av förmågan vid Esrange till att inkludera uppsändning av små satelliter i omloppsbana i rymden. Vid uppsändningar från Esrange har Sverige redan idag ansvar för att det sker på ett säkert sätt och att de inte stör annan verksamhet, i rymden eller under uppsändningen.

### 3.2 Möjliga funktioner inom en rymdlägesbild

En rymdlägesbild kan innehålla ett antal funktioner som leverera tjänster åt olika användare. Nedan finns en kort beskrivning av de viktigaste funktionerna.

- Upprätthålla en rymdkatalog, där rymdobjekt mäts in och karakteriseras. Denna tjänst erbjuds av till exempel USSPACECOM<sup>1</sup> och finns tillgänglig från space-track.org<sup>2</sup> utan att ett särskilt avtal krävs.
- Uppsändningsanalys. Analysen görs för att säkerställa att uppsändningen sker på ett säkert sätt och att den initiala banan hos den uppsända satelliten inte riskerar att kollidera med något annat objekt i början av dess driftsättning.
- Kollisionsanalys. Analyserar alla objekt i en viss bana och säkerställer att egna eller andras objekt inte riskerar att kollidera.
- Säkert avslut av satelliten. Säkerställer att avställningen av satelliten sker på ett säkert sätt. Om satelliten befinner sig i högre banor kontrolleras att satelliten placeras i en säker så kallad "begravningsbana", vilket innebär en bana som under överskådlig framtid inte kommer påverka andra rymdobjekt.
- Kontrollerad nedtagning av satelliter. Satelliter i låg bana kan sänkas till en lägre bana, så att effekten från luftmotståndet får satelliten att falla in mot jorden och förstöras i atmosfären. Nedtagningen måste utföras säkert så att satelliten inte hamnar i en bana med kollisionsrisk.
- Återinträdesrisk. Analys av de delar av satelliten som inte förångas i atmosfären och därmed riskerar att skada person eller egendom då den faller ned till jordytan.
- Rymdvädersvarningar. En prognostjänst för rymdväder och eventuella solstormar för att kunna varna operatörer av el- och telekommunikationsnät, samt satellitoperatörer om risk för störningar.
- Frekvensinterferensanalys. En tjänst som analyserar möjliga störkällor för radiointerferens och deras placering.
- Beteendevarningar för opassande och farliga satellitmanövreringar. En tjänst som övervakar att andras objekt inte kommer för nära egna satelliter och därmed utgöra en risk.
- Fragmenteringstjänst. Upptäckt av delar från en uppbruten satellit eller ett raketsteg.

---

<sup>1</sup> United States Space Command, <https://www.spacecom.mil/#/>

<sup>2</sup> <https://www.space-track.org/>

- Kollisionsprediktion för NEO (Near Earth Object). Denna tjänst varnar för en möjlig kollision mellan jorden och ett större naturligt rymdobjekt, exempelvis en asteroid.

### 3.3 Sensorer för övervakning av rymdmiljön

Det finns i huvudsak tre sensortekniker för att mäta in och bevaka objekt i rymden.

#### – Radarsensor

En radarsensor möjliggör detaljerade inmätning av objekt i LEO (*Low Earth Orbit*). Eftersom denna typ av sensor inte är beroende av väder eller ljusförhållanden kan den med fördel ställas i norra delen av Sverige för att få stor täckning av objekt i polära eller nära polära banor och som därmed passerar över Sverige. Med en sådan sensor kan Sverige erbjuda sina mätningar i ett större nätverk och får därmed en möjlighet att skaffa sig en mer oberoende rymdlägesbild. Ett exempel på denna typ av sensor är det nyligen framtagna GESTRA-systemet<sup>3</sup> (se avsnitt 4.2).

#### – Optisk sensor

Ett optiksystem kan mäta in objekt i GEO (*Geosynchronous Orbit*) och MEO (*Medium Earth Orbit*) under stora delar av natten, på grund av objektens höga höjd, men för objekt i LEO är det främst direkt efter skymning och före gryning som objekten är synliga. Detta beror på att dessa objekt då reflekterar solljuset och därmed kan urskiljas mot en mörk himmel. Denna geometri är uppfyllt under dessa perioder, medan objekten vid andra tidpunkter befinner sig i jordskugga eller under dagtid då signalen är för svag mot den ljusa himmeln. Det innebär att denna typ av sensor har en begränsad användning. Dessutom är noggrannheten i bestämningen av banparametrar begränsad på grund av att det endast går att mäta de relativa vinklarna men inte avståndet till objektet.

Optiska mätningar kan utföras av vanliga kommersiella teleskop som kan automatiseras för att minska de operationella kostnaderna. Sådana system finns idag driftsatta på flera ställen globalt och lämplig hård- och mjukvaror för att styra systemet bör kunna köpas in eller införskaffas genom samarbeten med andra rymdlägesbildsaktörer. För att en optisk sensor ska bli effektiv är det viktigt att den placeras på lämplig plats där optiska inmätningar är möjliga, exempelvis där astronomiteleskop är placerade för astronomiforskning. Nackdelen med det är att platserna inte är optimala för täckning av satellitbanor som passerar över Sverige. Både de ljusa sommarmånaderna och den ofta molniga natthimmeln i Sverige gör en placering utanför Sverige lämpligare.

#### – Lasersensor

Med lasersensorer, en så kallad *Satellite Laser Ranging* (SLR) kan objekt mätas in med hög noggrannhet. Lasersensorer används främst när det krävs hög noggrannhet, där banbestämning måste ske på någon centimeter när. Inmätning

---

<sup>3</sup> [https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2019/04/20191129\\_latest-radar-technology.html](https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2019/04/20191129_latest-radar-technology.html)

görs främst för objekt där man redan har kontroll över objekten, men där den vedertagna metoden för banbestämning, baserad på satelliternas egna navigationssystem, inte uppfyller kraven. Lasersensorer används för en så kallad Precise Orbit Determination (POD) och det krävs ofta att man har god kännedom om var objektets bana ligger för att kunna utföra en inmätning. Det är troligen inte denna typ av sensor som Sverige initialt har behov av.

En lasersensor som DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) presenterat är en mini-SLR. Denna typ av lågkostnadssensor skulle ge förmågan att kunna följa och mäta in egna objekt, uppsända från Esrange, med en mycket hög noggrannhet. Det som krävs är att reflektorer monteras på de uppsända objekten.

I övrigt finns det forskning kring möjliga och billigare sensorer och tekniker, såsom passiv radar och optiska *all sky*-kameror, som kan bli intressanta kompletteringssensorer i framtiden.

## **4 Rymdlägesbild i internationell kontext**

Här följer exempel på andra länders förmågor (se även bilaga 3).

### **4.1 USA**

USA har en väl utbyggd förmåga. Genom USSPACECOM och 18e SPCS ger USA gratis hjälp med kollisionsundvikande analyser, om än i begränsad omfattning, samt analyser av uppsändningsfönster (en funktion som idag används av SSC för att säkerställa att uppsändningar inte riskerar att störa andra objekt).

### **4.2 Tyskland**

2009 upprättade Tyskland ett centrum för rymdlägesbild. Centret är ett gemensamt initiativ av DLR (Deutsche Luft- und Raumfahrt) och tyska flygvapnet. Samarbetet grundar sig på ett samarbetsavtal mellan finans- och försvarsministeriet. Upprättandet av centret gjordes utifrån den tyska rymdstrategin. Tyskland använder data från USSPACECOM, men har egna förmågor för inmätning av rymdobjekt.

DLR är förutom rymdmyndighet även forskningscentrum för luft- och rymdfart, energi och trafik. DLR har låtit forskningsinstitutet Fraunhofer utveckla en radarsensor specifikt för rymdövervakning, benämnd GESTRA (se även avsnitt 3.3). GESTRA är en relativt mobil lösning, där hela instrumentet är placerat i en container med extern antenn. Fraunhofer anger i sin information att kommersialisering av GESTRA kan bli möjlig i framtiden.

### 4.3 Frankrike

Som en stor aktör inom rymd har Frankrike en väl utvecklad rymdlägesbild. CNES, den franska rymdstyrelsen, har ansvar för hela den civila delen av rymdlägesbild. Det finns ett integrerat samarbete mellan den civila och icke-civila delen av rymdlägesbild. Ett operativt center planeras starta 2025 i Tolouse i anslutning till CNES anläggningar. Den franska nationella rymdlägesbild är uppbyggd utifrån ett europeiskt perspektiv. Man fokuserar inte på den bästa strukturen för Frankrike utan att bidra till den bästa möjliga europeiska rymdlägesbild.

CNES har en egen rymdkatalog på plats, med ett fokus på GEO. Man har även operationell kapacitet för att undvika kollisioner. Frankrike utnyttjar sina yttre områden, som Reunion och Nya Kaledonien, för placering av optiska instrument. CNES har även genomfört studier kring rymdbaserade instrument för inmätning av objekt. En rymdbaserad funktion bedöms i nuläget som kostsam, men studierna fortsätter.

Generellt har Frankrike valt att utgå från inhemska satsningar på forskning och utveckling för att få fram egen expertis som senare kan utveckla instrument för rymdlägesbild.

### 4.4 Finland

Finland får i det här sammanhanget representera länder, likt Sverige, som står i begrepp att skaffa sig en operationell rymdlägesbildsfunktion. Finland har i dagsläget elva (icke statliga) satelliter i omloppsbanan. Det finns inte någon myndighet motsvarande den svenska Rymdstyrelsen utan ansvaret delas mellan olika ministerier. Vid arbets- och näringsministeriet finns delegationen för rymdärenden som samordnar rymdfrågor. Finland deltar i internationella rymdsamarbeten som ESA och Copuos. Både en rymdstrategi och en rymdlag togs fram 2018. Rymdlägesbild omnämns inte i dessa dokument specifikt.

Finland har en SLR i Metsähovi som är under uppgradering. Instrumentet förväntas vara operationellt för SST 2023. Även en förmåga inom radar (för SST) planeras, som förväntas vara i demonstrationsfas 2022. Man avser även att genomföra studier kring sensorer och databehandling för analys av meteoriter och objekt i återinträde. I utvecklingen av SSA/SST-förmåga deltar försvarsministeriet för säkerhetsfrågor.

### 4.5 EU

I genomförandet av EU:s rymdprogram 2021–2027 behandlas SSA i en särskild konfiguration av programkommittén. Kommittén behandlar främst rymdväder och risk för kollision mellan jorden och naturliga rymdobjekt. De medlemsstater som avser att vara involverade i SST-aktiviteter deltar i ett partnerskap mellan medlemsstaterna och kommissionen. De deltagande medlemsstaterna förväntas bidra med information (data)



inom SST, för att öka den europeiska förmågan att kunna ge SST-tjänster. Sverige har vid datumet för denna rapport ännu beslutat om ett eventuellt deltagande i partnerskapet.

## **5 Förslag till operativ rymdlägesbild**

### *5.1 Övergripande förslag*

Under uppdragets genomförande har det blivit tydligt att Sverige bör sikta mot en egen förmåga för inmätning av objekt. Såväl som i internationella diskussioner som på nationell nivå framstår en radarsensor i nordligaste Sverige som den lämpligaste lösningen. Läget skulle ge geografiska fördelar då framförallt polära satelliter kan följas under en längre tid. Placeringen skulle dels gynna den nationella rymdlägesbilden, i synnerhet med hänsyn till uppsändningar från Esrange, dels skulle det kunna ge information och generera tjänster med en internationell attraktivitet. På det sättet skulle internationella samarbeten underlättas och troligen kunna skapa ett ökat förtroende för Sverige som rymdnation.

Den förmåga som krävs för drift av en sådan anläggning finns dock inte i Sverige i nuläget. Förslaget blir därför att successivt bygga upp den förmågan i tre steg.

Vidare föreslås systemet för rymdlägesbild vara modulbaserat. På så sätt kan man säkerställa behoven för olika verksamheter samt dimensionera ett mindre och billigare system från början med möjligheter till utbyggnad då budget tillåter eller då intressenter tillkommer som har kompletterande behov som inte är uppfyllda i befintliga system. Ett modulbaserat system tillåter också aktörer och intressenter att samverka inom ramen för den gemensamma, nationella funktionen för rymdlägesbild, men även att använda data eller tjänster som underlag för egna påbyggnadstjänster som bara bör utvecklas och användas inom den egna verksamheten.

Rymdlägesbilden bör byggas kring en central tjänst där gemensam information finns tillgänglig för intressenter med olika behov. Därmed undviks dubblerade system och de gemensamma funktionerna kan samlas på ett ställe. Däremot är det viktigt att implementeringen kan hantera de olika krav som skiljer mellan den öppna civila miljön och de krav på sekretess som finns hos andra myndigheter.

Den modulbaserade metodiken är applicerbar inte bara på det tekniska systemet men även när det gäller vilka behov som finns och kan tänkas tillkomma och därtill tillhörande kostnadsanalys. På så sätt kan rymdlägesbildsfunktionen utökas för att tillgodose behoven från intressenter allt eftersom de utnyttjar systemet.

### *5.2 Befintliga förmågor*

För vissa delar av en framtida rymdlägesbild har Sverige redan idag förmågor och pågående forsknings- och utvecklingsaktiviteter. Ett exempel är rymdväder, där MSB

och SMHI samverkar för att förutse eventuella störningar i telekommunikation, elförsörjning m.m. Forskning och utveckling sker vid exempelvis IRF. Rymdväder föreslås vara en del av den framtida rymdlägesbilden, men berörs inte i detalj i denna rapport.

Sverige har idag tillgång till högpresterande radarsensor som skulle kunna vara användbar för detektion av rymdobjekt. Idag används sensorerna för forskningsändamål.

### 5.3 *Tre steg mot en rymdlägesbild med egen förmåga*

I detta kapitel beskrivs de föreslagna tre stegen mot en rymdlägesbild med egen förmåga. Steg 1, som bedöms som miniminivå, innebär inhämtande av fritt tillgänglig information. Steg 2 innebär inköp eller säkerställande av information från någon befintlig kommersiell tjänst, kompletterat av tillgång till lämpligt befintligt optiskt instrument. Egna tjänster skall kunna byggas upp kring inhämtad information för att komplettera det nationella behovet. Steg 3 innebär etablering av en egen inmättningsförmåga.

De kostnadsuppskattningar som presenteras baseras på uppgifter från kommersiella aktörer (data- och tjänsteleverantörer samt möjlig leverantör av infrastruktur), och uppskattning av behov av personella och materiella resurser för respektive steg.

I följande avsnitt beskrivs stegen mer i detalj. För varje förslag presenteras även för- och nackdelarna med en sådan uppbyggnad.

#### Steg 1 – Miniminivå

Steg 1 innebär att fullt ut förlita sig på befintlig tillgänglig rymdkatalog och tillgängliga tjänster. Det finns redan idag möjlighet att använda sig av USSPACECOM:s katalog och utnyttja deras grundläggande tjänster som erbjuds alla satellitoperatörer. Om sannolikheten för en kollision passerar ett givet gränsvärde kommer en notifiering att ges till inblandade satellitoperatörer. Vidare finns det tjänster där man kan ange en planerad undanmanöver för att få den analyserad så att det inte uppstår en ny kollisionsrisk på grund av manövern. Båda dessa tjänster hanteras av USSPACECOM via US 18 SPCS (*18th Space Control Squadron*). Baninformation kring de objekt som US 18 SPCS följer kan hämtas från webbportalen [space-track.org](https://www.space-track.org)<sup>4</sup>.

Eftersom denna information redan finns tillgänglig och Sverige genom avtal kan ta del av den så handlar steg 1 framförallt om att etablera en operativ funktion för rymdlägesbild som samordnar informationen.

---

<sup>4</sup> <https://www.space-track.org/>, dessa banparametrar är dock inte av lika hög noggrannhet som den information som de själva använder för att beräkna möjliga kollisioner.

Ett annat alternativ eller komplement till detta vore att använda både USSPACECOM:s katalog tillsammans med en kommersiell aktör för att öka tillförlitligheten och öka tillgången. Dessutom kan en kommersiell aktör användas för att erbjuda Sverige en rymdövervakningstjänst eller en kombination av två leverantörer för att ge den svenska rymdlägesbilden en mer oberoende ställning och möjligheter att ”validera” information genom jämförelse.

En möjlighet att bygga ut detta förslag kan ske genom att vidare implementera egna tjänster som baseras på tredje parts katalog.

### Steg 1

#### Fördelar

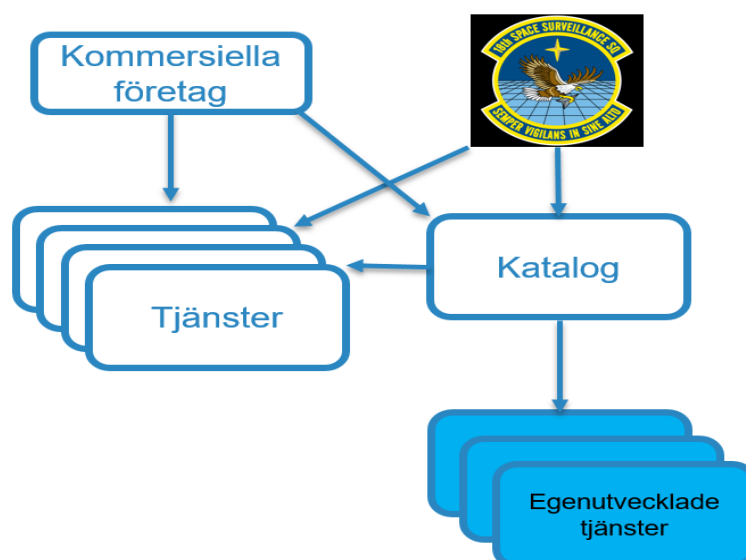
- Etablering av operativ funktion
- Stödjer framtida uppsändningar av satelliter från Eorange.

#### Begränsningar

- Ingen utvecklad egen förmåga.
- Helt beroende av annan parts data och till stor del beroende av andras tjänster.

**Implementeringstid:** 1–2 år

**Kostnadsuppskattning:** 5 miljoner per år i utökade anslag till myndigheter.



Figur 1. En illustration av en operationell rymdlägesbild där en rymdlägesbild tas fram av USSPACECOM och möjligen en kommersiell aktör. För att utöka den egna förmågan och öka kunskapsuppbyggnaden i området skulle olika egna tjänster kunna utvecklas för att ge mer nytta av denna lösning.

## Steg 2 – Inköp av data för utveckling av egna tjänster, kompetensuppbyggnad

Det finns möjlighet att köpa in nödvändig information från kommersiella aktörer för att skapa tjänster i rymdlägesbild. Detta steg ger möjlighet av egen analys av data samt egen utveckling av tjänster. På det sättet utvecklas en nationell förmåga, om än begränsad. Den nationella rymdlägesbilden skulle kunna anpassas till svenska intressenters behov, även om det finns ett beroende av annan parts insamling av data.

Steg 2 skulle även kunna inkludera anskaffning av tillgång till lämpligt instrument, för verifiering av den data som köps av annan part. Med det arbetssättet skulle även den svenska förmågan kring inmätning av objekt succesivt öka.

**Steg 2**

**Fördelar**

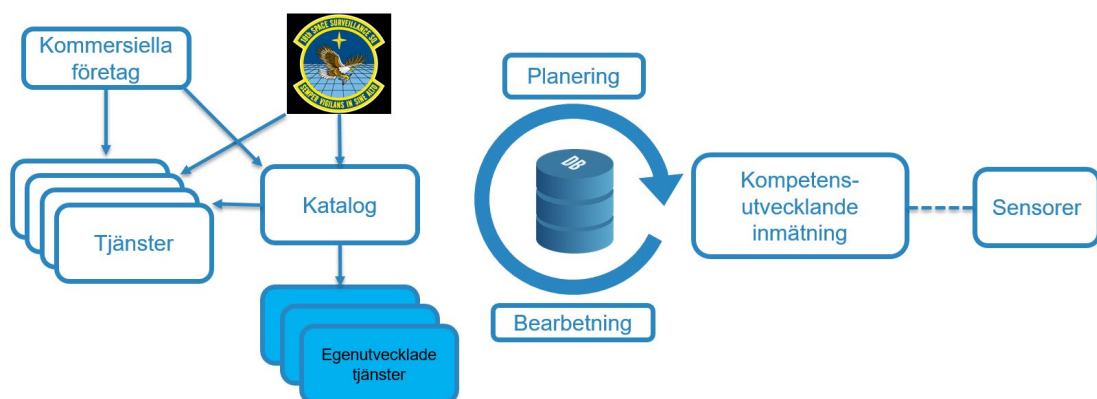
- Utveckling av förmågor kring tjänster för rymdlägesbild.
- Utveckling av egen inmätning förmåga, om än i begränsad omfattning.
- Förmåga att verifiera information i befintlig objektkatalog.
- Uppskattad miniminivå för att skapa förtroende som rymdnation.

**Begränsningar**

- Begränsad egen förmåga.
- Beroende av annans data och tjänster.

**Implementeringstid: 3–5 år**

**Kostnadsuppskattning: 10–15 miljoner kr per år**



Figur 2. En illustration av en operationell rymdlägesbild där en information och tjänster upphandlas av kommersiell part. Som förberedelse för steg 3 kan en befintlig sensor av lämplig sort utnyttjas för att utöka den egna förmågan och öka kunskapsuppbyggnaden i området att planera, och hantera en sensor för egen inmätning.

### Steg 3 – egen radarsensor för inmätning

Denna förmåga ger en mer oberoende ställning där Sverige med egen sensor bidrar med SST-data för att tillsammans med andra nationer bygga en komplett rymdobjektskatalog. I och med detta steg kan det anses att Sverige har en rymdlägesbild med egen förmåga. En lämplig sensor för detta steg är att placera en SST-radar i norra delen av Sverige med god täckning av polära och nära polära LEO banor. Med en sådan sensor får Sverige en användbar inmätning förmåga som kan användas dygnet runt för följande och inmätningar för redan kända objekt, men även skanning och övervakning för att upptäcka tidigare okända objekt.

Detta steg kräver full förmåga för drift av sensorn. Även i detta steg skulle utnyttjande av en optisk sensor kunna komplettera det egna systemet, som i steg 2, för att följa objekt i HEO och GEO.

#### **Steg 3**

##### **Fördelar**

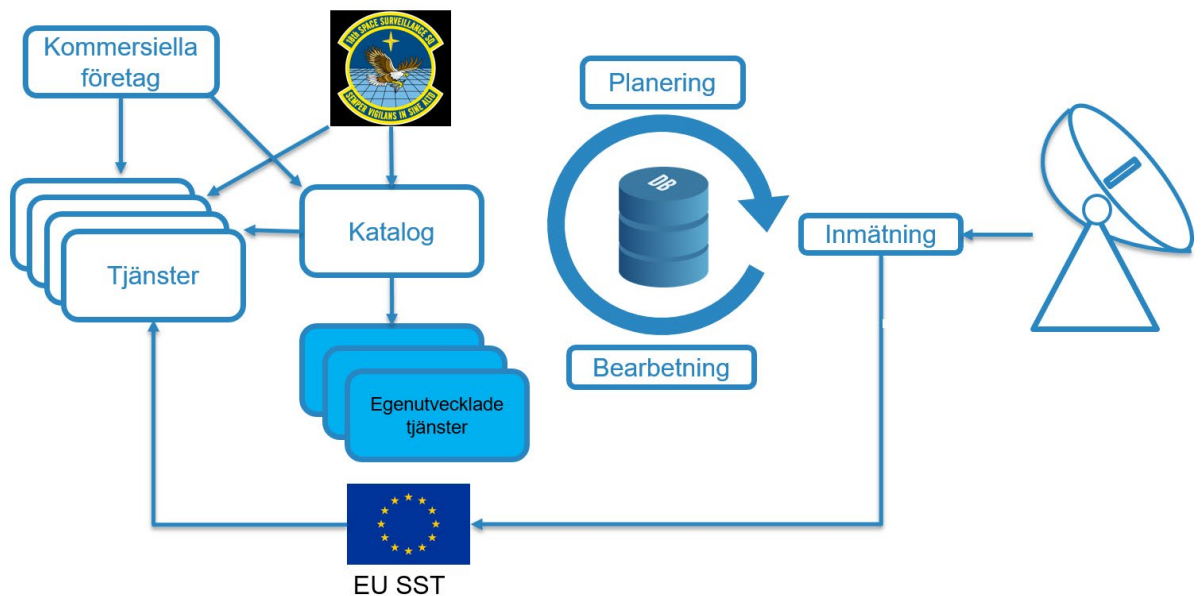
- Egen inmätning förmåga.
- Ger attraktiv information för andra nationer med intresse av rymdlägesbild (exempelvis via EU SST)
- Utveckling av egna tjänster
- Ger Sverige stort förtroende som rymdnation.

##### **Utmaningar**

- Resurskrävande
- Drift och underhåll av sensor

**Implementeringstid:** 5–10 år

**Kostnadsuppskattning:** 150 miljoner kr (investering); 15–30 miljoner/år (drift).



Figur 3. En illustration av en operationell rymlägesbild där rymlägesbildsinformation kompletteras med egen radarsensor för inmätning. Denna typ av sensorlösning kan då dessutom användas för att dela data och samarbeten med internationella aktörer.

#### 5.4 Operativ funktion

Rymlägesbilden bör byggas upp utifrån en operativ funktion där samordning av information och tjänster sker. Den föreslagna rymlägesbilden kan beskrivas som ett modulsystem, där aktörer kopplas till den operativa funktionen (fig. 4). Aktörerna bidrar till den gemensamma rymlägesbilden utifrån sina roller och uppdrag. På samma sätt kan samma aktörer utnyttja den gemensamma rymlägesbilden utifrån sina behov. Dubbla insatser för att generera information, exempelvis mellan civila behov och utrikes-, säkerhets- och försvarsbehov undviks samtidigt som sekretesskrav måste kunna hanteras. Vid den operativa funktionen behövs kompetens från alla delar av rymlägesbilden, för att kunna hantera olika krav och behov.

Även aktörer och intressenter utanför rymlägesbilden ska kunna tillgodogöra sig de tjänster och den information som rymlägesbilden genererar. Detta omfattar dels riktad information till myndigheter, näringsliv, forskningsaktörer m.fl. med behov av information för sin verksamhet och dels information till allmänheten.

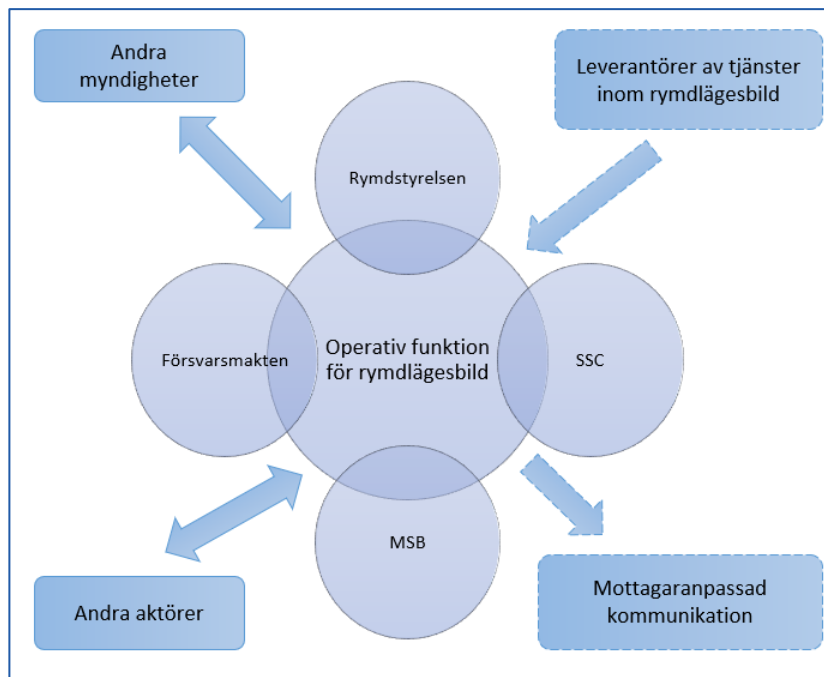


Fig. 4. Illustration över föreslagen operationell rymdlägesbild. Den centrala funktionen handhar den information som olika aktörer bidrar. Gemensam information och tjänster delas mellan aktörerna samtidigt som aktörerna kan hantera nödvändig information separat utifrån sina uppdrag och behov. Den centrala funktionen ansvarar också för kommunikation till andra myndigheter och samhället. De myndigheter som finns med i illustrationen är exempel, även andra myndigheter och aktörer kan bidra till den gemensamma rymdlägesbilden.

En myndighet behöver ha ansvaret att säkerställa den operativa funktionens drift. Funktionen ska

- Koordinera arbetet inom rymdlägesbilden
- Kommunicera kring hot, sårbarheter och risker kopplat till rymdlägesbild
- Utgöra en nationell plattform för samverkan och informationsutbyte med privata och offentliga aktörer, på nationell och internationell nivå.
- Identifiera kompetensbehov under rymdlägesbildens utveckling

En operationell rymdlägesbild behöver kunna förändras för att möta en föränderlig omvärld där nya behov av rymdlägesbilden uppstår. För utvecklingen av rymdlägesbilden (under de tre steg som beskrivs ovan, men även fortsatt) bör en styrgrupp bestående av relevanta myndigheter sättas upp.

Utifrån Rymdstyrelsens instruktion föreslås att myndigheten ska ha den koordinerande rollen. Driften av den operativa funktionen bör placeras vid en aktör med vana att hantera operationell verksamhet samt vana att hantera sekretessklassad information. Det kan krävas att den operativa funktionen delas mellan exempelvis Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Försvarmakten. På det sättet underlättas den gemensamma driften, samtidigt som uppdelningen mellan civila och militära behov

(och tjänster) kan göras. MSB utvecklar för närvarande sin roll som behörig myndighet inom Galileo PRS (tjänster för civil säkerhet och beredskap) vilket innebär uppbyggnad av operativa system. MSB gör detta i nära samarbete med delar av Försvarmakten. Den erfarenheten kan komma väl till pass vid uppbyggnad av en operationell funktion för en rymdlägesbild.

## **6 Diskussion och förslag till åtgärder**

### *6.1 Vägen till en operationell rymdlägesbild med egen förmåga*

Rymdstyrelsens förslag i denna rapport leder till att Sverige får en rymdlägesbild med egen förmåga inom en tioårsperiod. Det är först i steg 3 som Sverige kan dra verklig nytta av investeringar i rymdlägesbilden, dels genom den förmåga som etableras, dels genom att steg 3 sannolikt innebär att Sverige blir en attraktiv samarbetspartner.

För att uppnå kompetens för nästa steg, bör samarbeten etableras med andra vänligt sinnade rymdnationer med instrument för inmätning. Samarbeten kan bestå i personalutbyten eller tillgång till infrastruktur för rymdlägesbild.

I förslaget ingår en radar för inmätning av rymdobjekt som placeras i nordligaste Sverige. Vilken typ av anläggning det bör vara har inte fullt ut kunnat analyseras i detta uppdrag, utan måste behandlas i inledningen av genomförandet av etableringen av en rymdlägesbild.

### *6.2 Kompetens- och utbildningsbehov*

Under det inledande arbetet med att etablera en rymdlägesbildsfunktion så bör en analys av kompetens- och utbildningsbehov genomföras bland myndigheter och andra aktörer. Denna görs lämpligen i samband med den behovsanalys som också behöver genomföras för att kunna dimensionera funktionen på rätt sätt. Det är viktigt att identifiera den typ av kompetens som behövs för att kunna försörja en nationell rymdlägesbild på kort och lång sikt och det är lämpligt att samarbeta med akademiska institutioner (exempelvis Försvarshögskolan) för att säkerställa ett eventuellt utbildningsbehov.

### *6.3 Säkerhetsaspekter*

För att en rymdlägesbild ska bli funktionell och effektiv krävs att både civila, säkerhets- och försvarsbehov tillgodoses. Aktörer från dessa områden måste också kunna bidra med information till rymdlägesbilden. Det är därför viktigt att inför etableringen av en rymdlägesbild analysera hur tillgängligheten av data för civila aktörer kan säkerställas samtidigt som känslig information inte görs tillgänglig. Det kan kräva att information som helt eller delvis omfattas av försvars- eller utrikessekretess



helt behandlas av Försvarsmakten. De kan då avgöra vilken information som kan tillgängliggöras även för civila aktörer.

[Ytterligare information i bilaga 3]

#### **6.4 Framtidsperspektiv**

Rymdstyrelsen konstaterar att rymden växer i strategisk, teknisk och ekonomisk betydelse. Därför behövs nya metoder för att kunna hantera den ökande komplexiteten i rymdmiljön i framtiden. Det medför att en operationell rymdlägesbildsfunktion även bör säkerställa att rymdlägesbilden kan anpassas både till framtida behov och nya tekniska möjligheter. Detta kan till exempel innefatta användning av artificiell intelligens och maskininlärning för analyser av kollisionsrisk.

#### **6.5 Förslag till åtgärder i nästa steg**

Nedan följer förslag till konkreta åtgärder som Rymdstyrelsen föreslår för att inleda etableringen av en operationell rymdlägesbild.

- Långsiktigt uppdrag om att
  - a) Upprätta en styrgrupp för genomförandet av de tre stegen. I styrgruppen bör relevanta myndigheter samt andra relevanta aktörer ingå.
  - b) Inom ett år (från uppdragets start) uppnå steg 1 i beskriven rymdlägesbild.
  - c) Genomföra behovsanalys och definiera kravspecifikationer för steg 2 och 3. Behovsanalysen bör omfatta analys av vilken information och vilka tjänster som bör upphandlas, samt vilka egna förmågor som behöver byggas upp nationellt.
  - d) Söka internationella samarbeten med vänligt sinnade stater, för samarbeten kring infrastruktur och förmågor för att säkerställa utvecklingen av en rymdlägesbild med egen förmåga.

## Bilaga 1: Begrepp och definitioner

### Rymdlägesbild (*Space Situational Awareness, SSA*)

Rymdlägesbild är i grunden en samlad aktuell information om situationen i rymden inklusive de hot som finns både mot infrastruktur i rymden och på marken.

Rymdlägesbild brukar av ESA delas upp i tre olika kategorier:

- Rymdövervakning (*Space Surveillance and Tracking, SST*) av artificiella objekt i rymden. Inmätning sker regelbundet av både aktiva satelliter och rymdskrot med hjälp av olika typer av sensorer. Objekten registreras i en katalog vilken ligger till grund för tjänster med aktuell information om objektens banor och position.
- Rymdväder (*Space Weather, SWE*). Detta är prognostjänster för rymdväder. Rymdväder beror på solaktiviteten, t.ex. solstormar som når jorden. En solstorm som når jorden kan påverka, störa och förstöra satelliter, infrastruktur på marken såsom distribution av elkraft, eller tjänster som kommunikation och navigation. Dessutom kan rymdväder störa eller tillfälligt slå ut flyg- och sjöradarinmätningar av flygplan och fartyg.
- Farliga himlakroppar på kollisionskurs mot jorden (*Near Earth Objects, NEO*). Detta är en aktivitet som utförs för att identifiera riskerna med att ett objekt kan kollidera med jorden och därmed kan ge upphov till en katastrofal situation både lokalt och globalt.

Från dessa kategorier finns det ett antal tjänster utvecklade för att hantera t.ex. säker rymdfart (SST), planering för möjliga störningar av kommunikationer (SWE) och förberedelse för t.ex. tsunami eller stora explosioner och kollisioner (NEO).

### Säker rymdfart (*Space Safety*)

Med säker rymdfart menas den säkerhet som behövs för att kunna använda rymden på ett säkert sätt. Denna säkerhet bygger på att minimera riskerna som kan uppstå beroende på naturliga förlopp och därmed inte på grund av fientlig verksamhet av en annan aktör. Att upprätthålla denna säkerhet är framförallt en aktivitet för att uppfylla de civila aktörernas behov.

### Säkerhet i rymden (*Space Security*)

Med säkerhet i rymden menas den säkerhet som behövs för att skydda rymdtillgångar och tjänster mot antagonister som medvetet agerar på ett sätt för att försöka störa, förhindra eller förneka en annan aktör tillträde till rymdbaserade förmågor. Denna typ av aktivitet kan inkludera allt från att förstöra satelliter, cyberattacker mot markstationer eller mot satelliterna till att störa användarsegmentet med t.ex. GPS-störsändare.

### Säkra raketuppsändningar

För att kunna sända upp nya objekt i rymden krävs det att en uppsändningsanalys utförs, dvs att det säkerställs att raket eller raketstegen samt den satellit som sänds upp har fri passage i sin planerade bana i rummet och tiden. Den uppsändande staten har ansvar tills satelliten har separerats från raketen, därefter är det satellitoperatörens ansvar att säkert hantera sin satellit.

### Rymdtrafiksövervakning eller rymdtrafikledning (*Space Traffic Management, STM*)

Det finns inga fastställda trafikregler för rymden, trots detta finns möjligheter att en aktör kan bli skadeståndsskyldig för sin rymdaktivitet om den skulle ge upphov till skador för någon annan part. På grund av både det ökade antalet och storleken på framtida konstellationer ökar fokus på denna aktivitet. Huvudfokus i rymdtrafiksövervakning är inte på de tekniska lösningarna utan har mer fokus på de mjukare frågorna kring säker rymdfart.

### Rymddomänskunskap eller militär rymdlägesbild (*Space Domain Awareness, SDA*)

Rymddomänskunskap eller SDA är ett begrepp som introducerats av den amerikanska försvarsmakten och är en funktion som används för att hantera rymden som en krigsdomän. För SDA ingår SSA men den innehåller även underrättelseinformation kring möjliga antagonisters intentioner, förmågor och uppträdande för att kunna försvara sin egen eller attackera fiendens rymdinfrastruktur.

### Auktoriserad rymdlägesbild (*Recognized Space Picture, RSP*)

RSP är en auktoriserad militär rymdlägesbild där data, sensorer och tjänster är väldefinierade och kan delas mellan olika länders och organisationers gemensamma militära system. Inom Europeiska försvarsmyndigheten (EDA) är RSP-definitionen vanlig. Detta beror på att EDA vill samutnyttja olika länders förmågor för att stärka det gemensamma europeiska försvaret. Det innebär att det finns ett starkt önskemål om att både information och tjänsterna i sig standardiseras.

## Bilaga 2: Synpunkter från tillfrågade aktörer

Under arbetet med uppdraget ombads ett antal aktörer inom rymdområdet att besvara frågor kring en framtida rymdlägesbild. Enkäten med frågor finns som bilaga 5. Svar på enkäten kommer i första hand från enskilda handläggare vid tillfrågade organisationer och ska inte ses som formell position för organisationen. Svaren ger dock en god bild av nuvarande situation och behov av en nationell rymdlägesbild.

Till del har det som angetts i enkäterna använts i resonemangen i rapporten som sådan. Nedan följer en icke heltäckande sammanfattning av svaren från de tillfrågade aktörerna.

- När Sverige blir en uppskjutande nation krävs det en svensk förmåga för säker rymdfart/miljö (exempelvis kollisionsundvikande åtgärder, säker uppsändning/nedtagning av satelliter).
- Helhetsperspektivet är viktigt vid upprättande av rymdlägesbilden. Både civila och militära behov behöver täckas. Samordning behövs, så att relevanta civila respektive militära tjänster kan skapas baserat på en gemensam centraliserad infrastruktur. Tydliga ansvarsfördelning behövs tidigt i processen att etablera en rymdlägesbild.
- Tjänster kan på sikt distribueras men kärnverksamheten i rymdlägesbilden bör vara centraliserad.
- Samordningen (och den centrala gemensamma funktionen) bör göras av relevant myndighet. Rymdstyrelsens pekats ut i några svar, medan även uppfattningen om ett delat ansvar mellan civil och militär funktion anses lämpligast.
- Forskningsutförare bör kunna använda rymdlägesbilden vilket kan bidra till kompetens- och kunskapsutveckling samt till nya tekniker och tjänster.
- Alla svarande anser att en helt oberoende svensk rymdlägesbild (där all inmätning och analys görs nationellt) är orimlig. På samma sätt anser ingen av de svarande att Sverige helt kan förlita sig på annans data. Flera svarande anser att Sverige bör ha en rymdlägesbild som kan bidra i ett internationellt perspektiv.

**Bilaga 3:** [Separat]

## **Bilaga 4: Förkortningar**

18 <sup>th</sup> SPCS	18 <sup>th</sup> Space Control Squadron
AOCS	Attitude and Orbit Control Systems
COPUOS	The Committee on the Peaceful Uses of Outer Space
EDA	Europeiska försvarsmyndigheten
ESA	European Space Agency
EU-SST	EU:s medlemsstaters samarbete kring SST
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
GEO	Geosynchronous orbit
IADC	Inter-Agency Debris Coordination Committee
LEOP	Launch and Early Orbit phase
MEO	Medium Earth orbit
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
NEO	Near Earth Objects
POD	Precise Orbit Determination
PRS	Public Regulated Service
RSP	Refined Shortest Paths
SDA	Space Domain Awareness
SLR	Satellite Laser Ranging
SSA	Space Situation Awareness
SSC	Swedish Space Corporation (Svenska rymdaktiebolaget)
SST	Space Surveillance and tracking
STM	Space Traffic Management
SWE	Space Weather
TLE	Two-line element set
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs
USSPACECOM	United States Space Command

## Bilaga 5: Enkät till myndigheter (separat)

### Rymdstyrelsens enkät om etablering av en funktion för operationell rymdlägesbild.

#### Bakgrund

Regeringen har gett i uppdrag till Rymdstyrelsen att föreslå hur en förmåga till operationell rymdlägesbild ska kunna etableras (U2019/00290, U2020/06627). Rymdlägesbilderna ska kunna tillgodose det samlade nationella behovet. Uppdraget ska redovisas skriftligt till regeringen (U-dep.) senast 15 juni 2021.

I regeringens skrivelse ”En strategi för svensk rymdverksamhet” (skr. 2017/18:259) lyfter man fram rymdbasen Esrange som strategisk resurs ur både ett nationellt och ett europeiskt perspektiv gällande bland annat forskning, utveckling, demonstrationsaktiviteter, testverksamhet och annan rymdrelaterad verksamhet. Rymdstyrelsen fick i april 2020 i uppdrag att beskriva och analysera de utrikes-säkerhets- och försvarspolitiska aspekterna av en förhöjd förmåga vid Esrange. I redovisningen av uppdraget (U2020/03759) föreslår Rymdstyrelsen etableringen av en operationell rymdlägesbild – dvs. en överblick av vad som sker i rymden vid en viss tidpunkt samt vid ett visst geografiskt område – med tillhörande analysförmåga.

I uppdraget ingår att analysera de krav som bör ställas för att kunna uppnå en operationell rymdlägesbild i samband med en utökad förmåga vid Esrange. Även en analys av vilken information som behövs för att uppfylla de kraven, ska göras. En kostnads kalkyl för att upprätta förmåga till operationell rymdlägesbild ska göras, samt förslag på hur kostnaderna ska finansieras.

För att kunna inhämta skriftliga synpunkter från berörda parter skickar därför Rymdstyrelsen ut detta frågeformulär för att fånga upp behoven kring en operationell rymdlägesbild för SSC i samband med dess uppdrag vid Esrange. Även övriga synpunkter angående en nationell rymdlägesförmåga kan lämnas här. Då tidplanen är begränsad både avseende avsatt kalendertid samt personalresurser vore det uppskattat om eventuella synpunkter kan lämnas så fort som möjligt, dock senast 2021-04-16.

Svaret lämnas skriftligen via e-post eller post enligt nedan:

**Post:**

Rymdstyrelsen

Att: Ronnie Lindberg

Box 4006, SE-171 04 Solna

**e-post:**

[rymdstyrelsen@snsa.se](mailto:rymdstyrelsen@snsa.se)

(med [ronnie.lindberg@snsa.se](mailto:ronnie.lindberg@snsa.se) i kopia)

## Enkätfrågor

### Vad

1. Vad anser er organisation att en operationell rymdlägesbild är och på vilket sätt kan den användas av er?
2. Ser ni något behov av en operationell rymdlägesbild inom er verksamhet? (Varför/Varför inte?)
3. Använder ni idag någon rymdlägesbildstjänst?
4. Vilka av nedan föreslagna tjänster som en operationell rymdlägesbild kan tillhandahålla finns det ett intresse för och/eller behov av?
  - a. Säker rymdfart/miljö (exempelvis kollisionsundvikande åtgärder, säker uppskjutning/nedtagning av satelliter)
  - b. Riskprognoser för skador på mark, egendom eller person på grund av nedfallande rymdskrot/ naturliga objekt.
  - c. Riskprognoser för påverkan på rymd infrastruktur (för att säkerställa säker navigation, säker kommunikation).
  - d. Riskprognoser för påverkan på markinfrastruktur (exempelvis radarinmätningar, kommunikation, eller elkrafts distribution).
  - e. Information kring störning och sabotage av rymdbaserade tjänster eller system.
  - f. Annat (specificera):
5. Vilka krav/förväntningar kan andra länder eller internationella organisationer tänkas ha på Sverige när vi blir en uppsändande stat (exempelvis ur säkerhetspolitiska aspekter)?

### Vem

6. Vem anser ni bör ansvara för att driftsätta och driva en rymdlägesbild? Motivera gärna ert svar.

### Hur

7. Hur bör kostnaderna för en operationell rymdlägesbild fördelas mellan aktörer?
8. Hur bör den operationella hanteringen vara utformad? Exempelvis en distribuerad eller centraliserad verksamhet?
9. Hur anser ni att en operationell rymdlägesbild kan bidra till att internationella konventioner/avtal följs, samt bör den kunna identifiera avvikelser från dessa?
10. Omfattar ert arbete med operationell rymdlägesbild sekretessklassat material, i så fall vilken typ av sekretess (exempelvis utrikes- eller försvarssekretess)?
11. Hur ska en funktion för operationell rymdlägesbild vara uppbyggd för att den ska kunna tillmötesgå inte bara civila behov utan ett komplett nationellt behov?



12. Anser ni att Sverige behöver en egen inmättningsförmåga eller är det tillräckligt med att informationen kommer från annan aktör? Hur ser ni på för- och nackdelar i följande upplägg för data och analysförmåga?
- a. Använda annans data, tjänster och analysförmåga.
  - b. Använda annans data, egen analyskapacitet och egna tjänster.
  - c. Egen verifieringsförmåga av data (data pålitlighet) men använda annans data, med egen analyskapacitet.
  - d. Bidra med data i ett internationellt samarbete, såsom EU-SST, med egen analyskapacitet.
  - e. Egen inmättningsförmåga och analys, egen nationell förmåga. (Oberoende kapacitet).
13. Anser ni att det finns ett behov av nationell akademisk forskning kring exempelvis rymdskrotsproblematiken och internationella avtal?
14. Var finns, enligt er mening, kompetensen i Sverige att kravställa, implementera och driva en funktion för operationell rymdlägesbild? Och hur säkerställs den om den inte bedöms finnas för tillfället?

#### Övrigt

15. Har ni synpunkter kring samverkan mellan detta uppdrag och den pågående Rymdlagsutredningen (U2020:03)?
16. Övriga synpunkter eller annan information som önskas framföras.

### Bilder på omslaget

Överst t.v.: Satelliter och rymdskrot. Bild från ESA (artists impression)

Övers t.h.: Uppskjutning från Esrange, Bild från ESA.

Nederst t.v.: Solen med protuberanser. Foto: Peter Rosén, vinnare av Rymdstyrelsens astrofototävling 2021.

Nederst t.h.: Rymdradarn TIRA. Bild från ESA.