Til

**Styrelsen for Forskning og Innovation**

Dokumenttype

**Rapport**

Dato

**Maj 2016**

**ANALYSE- OG EVIDENSGRUNDLAG FOR RUMOMRÅDET I DANMARK**



**ANALYSE- OG EVIDENSGRUNDLAG FOR RUMOMRÅDET I DANMARK**

**FORFATTERE**

Brian Landbo,

Managing Consultant, Rambøll Management Consulting, [brla@ramboll.com](mailto:brla@ramboll.com)

Rasmus Flytkjær,

Senior Economic Consultant, London Economics, [rflytkjaer@londoneconomics.co.uk](mailto:rflytkjaer@londoneconomics.co.uk)

Tune Bergholt Hammer,

Managing Consultant, Rambøll Management Consulting, [tuh@ramboll.com](mailto:tuh@ramboll.com)

Sofie Friis,

Project Assistant, Rambøll Management Consulting, [sfr@ramboll.com](mailto:sfr@ramboll.com)

ISBN 978-87-93468-11-5

Rambøll Hannemanns Allé 53

DK-2300 København S T +45 5161 1000

F +45 5161 1001

[www.ramboll.dk](http://www.ramboll.dk/)

London Economics

Somerset House, New Wing, Strand UK-WC2R 1LA, London

T +44 203 701 7700

F +44 203 701 7701

[www.londoneconomics.co.uk](http://www.londoneconomics.co.uk/)

Analyse- og evidensgrundlag for rumområdet i Danmark

**INDHOLD**

1. [RESUMÉ 1](#_bookmark0)
   1. [De danske virksomheder 2](#_bookmark1)
   2. [De danske universiteter 3](#_bookmark2)
   3. [De danske myndigheder 4](#_bookmark3)
   4. [Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet 5](#_bookmark4)
   5. [Anvendelsesmuligheder 6](#_bookmark5)
2. [INDLEDNING 7](#_bookmark6)
   1. [Danmarks rumhistorie 8](#_bookmark7)
   2. [Terminologi og definitioner 9](#_bookmark8)
   3. [Offentlige rumudgifter 10](#_bookmark9)
3. [RUMOMRÅDETS REELLE OMFANG I DANMARK 14](#_bookmark12)
   1. [Definition af rumøkonomien 14](#_bookmark13)
   2. [Identifikation af relevante aktører 15](#_bookmark15)
   3. [Metode 16](#_bookmark16)
   4. [Erhverv 17](#_bookmark17)
   5. [De danske universiteter 21](#_bookmark21)
   6. [Offentlige myndigheder 24](#_bookmark22)
   7. [Rumprojekters succesrate i bevillingssystemerne 25](#_bookmark23)
4. [SAMFUNDSØKONOMISKE GEVINSTER 27](#_bookmark24)
   1. [Rummets indflydelse på andre brancher 27](#_bookmark25)
   2. [Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet 29](#_bookmark26)
   3. [Gevinster ved brug af satellitkommunikation 39](#_bookmark33)
   4. [Casestudier af rumanvendelse 40](#_bookmark34)
5. [DANMARKS STYRKEPOSITIONER 46](#_bookmark38)
   1. [Styrkepositioner i samspillet mellem erhvervsliv, forskning og myndigheder 46](#_bookmark39)
   2. [Erhverv 48](#_bookmark40)
   3. [Forskning 53](#_bookmark42)
   4. [Myndighederne 57](#_bookmark43)
6. [NUVÆRENDE OG FREMTIDIGE KOMMERCIELLE ANVENDELSESMULIGHEDER 59](#_bookmark44)
   1. [Navigation 59](#_bookmark45)
   2. [Jordobservation 63](#_bookmark48)
   3. [Satellitkommunikation 67](#_bookmark51)
   4. [Integrerede applikationer 67](#_bookmark53)
7. [MYNDIGHEDERNES BEHOV FOR DATA OG PRODUKTER FRA RUMOMRÅDET 68](#_bookmark54)
   1. [NaturErhvervstyrelsen 69](#_bookmark55)
   2. [Søfartsstyrelsen 70](#_bookmark56)
   3. [Danmarks Meteorologiske Institut 70](#_bookmark57)
   4. [Forsvarsministeriet 72](#_bookmark58)
   5. [Transport- og Bygningsministeriet/Trafik- og Byggestyrelsen 72](#_bookmark59)
   6. [Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering 73](#_bookmark60)
   7. [Space for Smarter Government Programme 73](#_bookmark61)
   8. [Case: Byudvikling 75](#_bookmark62)

**BILAG**

[Bilag 1: Metodebilag](#_bookmark63)

[Bilag 2: Profiler for interviewede virksomheder](#_bookmark64) [Bilag 3: Værdikædekonvertering](#_bookmark65)

[Bilag 4: Satellitmissioner med dansk deltagelse](#_bookmark66)

[Bilag 5: Definitioner og beskivelser af værdikædeelementer](#_bookmark67) [Bilag 6: Virksomhedslister](#_bookmark68)

# RESUMÉ

For første gang i Danmarkshistorien har regeringen påbegyndt processen mod formuleringen af en national rumstrategi – en målrettet, langsigtet plan som skal forme og styre udviklingen af den danske rumøkonomi i de kommende årtier. Formålet med denne rapport er at belyse rumområdets omfang og potentialer i Danmark. Rapporten støtter herigennem op omkring formuleringen af en national rumstrategi.

Rapporten består foruden dette resumé, af en indledning (kapitel 2) samt fem delanalyser, der tilsammen sigter på at belyse rumområdets omfang og potentialer i Danmark. I de første tre del- analyser (kapitel 3-5) belyses nuværende danske rumrelaterede aktiviteter, samfundsøkonomiske gevinster herved samt specifikke danske styrkepositioner. De sidste to delanalyser (kapitel 6 og 7) belyser dels den eksisterende anvendelse og dels fremtidige anvendelsesmuligheder.

Analyserne tager afsæt i to fundamentale typer af rumrelateret aktivitet, nemlig det der relaterer sig til at producere isenkram, der skal forlade jorden og eventuelt sendes i kredsløb, og de proces- ser, der søger at udnytte de muligheder, satellitter i rummet giver. For at opsende isenkram fra jorden kræves i bred forstand et transportmiddel og noget at sende op. I rumterminologi kaldes dette område for ”upstream”. ”Downstream” på den anden side er de aktiviteter, der omhandler kommercialisering og brug af satellitdata og tjenester.

Analyserne tager endvidere afsæt i tre satellittyper med relevans for downstream, med specifikke data og produkter tilknyttet (foruden satellittyperne med relevans for downstream, er væsentlige aktiviteter forbundet med produktion og operation af missioner med forskningsfokus):

* + *Jordobservationssatellitter*, som EU's Copernicus program, observerer Jordens fysiske træk. Satellitterne bruger eksempelvis radar eller optiske kameraer til at danne data. Jordobservation anvendes til miljø- og overvågningsapplikationer samt genererer de satellitfotos der bruges til vejrmeldinger.

**Interviewdeltagere**

**Upstream- og downstream-virksomheder** DHI, DMI, Cobham Satcom, Danish Aerospace Company, FORCE Technology, GomSpace, Hubner

+ Suhner, NaviAir, Terma

**Myndigheder**

Beredskabsstyrelsen, Digitaliseringsstyrelsen, Dan- marks Meteorologiske Institut, Forsvarsministeriet, Københavns Kommune, NaturErhvervstyrelsen, Trafik- og Byggestyrelsen, Styrelsen for Dataforsy- ning og Effektivisering, Søfartsstyrelsen

**Forskningsinstitutioner**

Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, DTU Space, Københavns Universitet (SUND & Science), Syd- dansk Universitet

**Nuværende & Potentielle brugere**

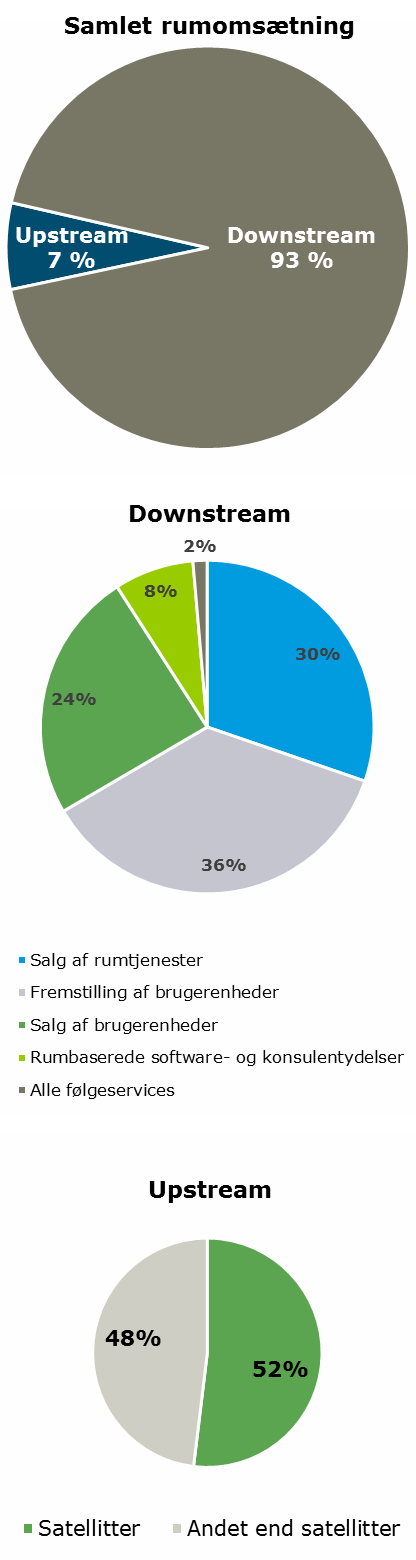
Danmarks Rederiforening, Forsikring & Pension, Kriminalforsorgen, Mærsk Oil, Mærsk Line, Rambøll Danmark, SEGES

* + *GNSS (Global Navigation Satellite System)-satellitter*, som USA's GPS og EU's Galileo har atomure ombord, og udsender et præcist klokkeslæt i signalet. Bruger- enheder ved til enhver tid hvor satellitten er, og kan beregne hvor lang tid signalet har rejst. Med fire sig- naler er det muligt at beregne enhedens præcise po- sition. Systemet anvendes til navigation og de præci- se tidsoplysninger (timing) bruges til synkronisering.
  + *Kommunikationssatellitter* fra private operatører bru- ges til at få adgang til kommunikation, internet og satellit-tv som supplement eller eneste mulighed i visse dele af verden (fx på havene eller i fly). De fle- ste, men ikke alle, kommunikationssatellitter er i geostationært kredsløb (ca. 36.000 km over ækva- tor), dvs. de er altid i den samme position i forhold til et sted på jorden.

Analyserne er bl.a. gennemført med afsæt i interview med danske upstream- og downstream-virksomheder, myndigheder, forskningsinstitutioner og brugere (nuvæ- rende og potentielle). Analyserne fokuserer dermed på tre primære aktørgrupper – virksomheder, universiteter og myndigheder, herunder både statslige og kommunale.

## De danske virksomheder

|  |
| --- |
| **Den danske rumsektor** |
| Kilde: Rambøll og London Economics analyse og data fra Danmarks Statistik  Note: Salg af rumtjenester omfatter operati- on af jordstationer og satellitter samt salg af båndbredde til satellitinternet, -telefoni, og parabol-tv. |

Rumøkonomiens virksomheder findes i mange brancher, og sektoren kan derfor ikke defineres eller afgrænset ud fra eksi- sterende statistisk klassificeringer. I stedet har det været nød- vendigt at identificere relevante virksomheder en ad gangen, og basere værdiansættelse af rummet på data på virksomhedsni- veau. Afdækningen viser følgende om de danske virksomheder.

**Omsætning på 4,4 mia. DKK og ca. 1.550 fuldtidsansatte** Der findes i Danmark 144 virksomheder der beskæftiger sig med rumrelaterede aktiviteter. Omsætningen fra virksomheder- nes rumaktivitet udgjorde i 2013 ca. 4,4 mia. DKK, og virksom- hederne i den danske rumøkonomi beskæftigede ca. 1.550 fuld- tidsansatte.

**Værdiskabelsen findes primært i downstream-sektoren** Danmarks rumomsætning skabes i høj grad i downstream- elementet, hvor isenkram i rummet kommercialiseres og sælges til brugere. Mens upstream-sektoren i 2013 noterede sig for 7

% af omsætningen og 14 % af rumsektorens beskæftigelse, bidrog downstream-sektoren således med de resterende 93 % af omsætningen og de resterende 86 % af arbejdsstyrken.

Sammenligninger på tværs af lande er generelt vanskelig grun- det forskelle i definitioner og afgrænsninger samt lokale faktorer der ofte spiller ind, både industrielt og geografisk. Set i forhold til den globale rumøkonomi, tegner den danske upstream-sektor sig dog for en betragteligt lavere andel af den samlede rumom- sætning. Upstream-sektorens andel af den samlede rumomsæt- ning gennemsnitligt udgør til sammenligning ca. 33 % (det glo- bale gennemsnit). Omvendt tegner den danske downstream- sektor sig således for en betragtelig større andel af den samlede omsætning. Downstream-sektorens andel af den samlede rum- omsætning gennemsnitligt udgør til sammenligning ca. 67 % (det globale gennemsnit).

Halvdelen af den danske upstream-omsætning stammer fra satellitter. I downstream-sektoren ses en større spredning i aktiviteter og salg af rumtjenester samt hhv. fremstilling og salg af brugerenheder udgør hver især ca. en tredjedel af den sam- lede downstream-omsætning.

**Et nationalt erhverv med et højt uddannelsesniveau**

Den rumrelaterede beskæftigelse er fordelt over hele landet, dog centreret omkring de større universitetsbyer. I Region Ho- vedstaden, som huser knap en tredjedel af den danske befolk- ning, beskæftiger virksomhederne knap halvdelen af Danmarks rumbeskæftigede. Også i Region Nordjylland, der med blot 10

% af Danmarks befolkning, huser næsten 25 % af landets rum- beskæftigede, er koncentrationen høj. To ud af fem medarbej- der i rumrelaterede virksomheder har gennemført en lang vide- regående uddannelse. Sammenlignet med befolkningen som helhed, er andelen meget høj (her udgør andelen ca. 7,1 %).

**Styrkepositioner inden for fremstilling af satellitter, systemer til ISS og brugerenheder** Med deltagelse i 38 satellitmissioner er Terma den største og mest erfarne danske virksomhed i upstream-segmentet og også DTU er med sine 15 satellitmissioner en væsentlig aktør. Med fem opsendte satellitter er Aalborg Universitet også vigtig spiller indenfor CubeSat-feltet. GomSpace, der er udsprunget fra Aalborg Universitet, og som er blandt verdens førende inden for nanosatellit- ter, oplevede i 2015-2016 en vækst på 100 %. Udover satellitter er den danske upstream-sektor stærk på systemer til ISS, hvor Danish Aerospace Company har leveret adskillige løsninger inden for astronauters træning og sundhed.

På downstream-området er fremstilling af brugerenheder en klar dansk styrkeposition og virksom- hederne på området tæller blandt andre Cobham Satcom og Satcom1, som begge laver satellit- kommunikationsterminaler og er blevet opkøbt af udenlandske ejere indenfor det seneste år.

**Danske virksomheder har et godt udgangspunkt**

Danske virksomheder er generelt godt stillet i forhold til at udnytte internationale tendenser inden- for rumindustrien. Der er i analysen identificeret fire overordnede internationale tendenser indenfor rumindustrien med relevans for Danmark: *”New Space Age”*, *”Værdikædens internationalisering”*, *”Internet-of-Everything and Everywhere”* og *”Small Satellite Revolution”. P*å alle fire felter vurderes danske virksomheder at have gode muligheder for at udnytte de markeder der åbnes.

Udover disse tendenser er der sket et grundlæggende skred i forholdet mellem offentlig og privat efterspørgsel. Hvor en tredjedel af den rumrelaterede økonomiske aktivitet i 2009 var drevet af offentlig efterspørgsel var dette tal faldet til ca. en fjerdedel i 2014. Dette skyldes en ny type rum- organisationer (*”New Space”*), som beskriver et nyt voksende globalt netværk af entreprenører, private virksomheder og organisationer kendetegnet blandt andet ved brug af privat finansiering målrettet kommercielle markeder med et ofte lukrativt tilbagebetalingspotentiale grundet høj efter- spørgsel og stordriftsfordele. Denne tendens indbefatter mange af de områder hvor rumøkonomien udvikler sig og vurderes at fortsætte de kommende år.

## De danske universiteter

Danmark har indtil for nylig været en lille, men stadig traditionel, rumforskningsnation og fokus har været på nicheområder inden for rumforskning og levering af rumfartsteknologier. Udviklingen og opsendelsen af den første danske satellit, Ørsted-satellitten i 1999, var kulminationen på en viden- skabelig og teknologisk kraftanstrengelse fra flere universiteter, institutter og virksomheder, og Ørsted-satellitten banede for alvor vejen for dansk forskning og førte dansk industri ind på marke- det for rumfartsudstyr.

**Fordeling og koncentration**

Det suverænt største, danske universitetsforskningsmiljø befinder sig på og omkring DTU. I 2015 havde DTU Space alene omkring 80 videnskabelige fuldtidsansatte og 200 studerende beskæftiget med rumrelaterede aktiviteter. Ud over DTU Space beskæftiger 7 andre institutter på DTU sig med rumrelaterede aktiviteter, men her er volumen langt mindre. Målt i videnskabelige fuldtidsansatte er der også tale om mindre miljøer på de andre danske universiteter. På Aalborg universitet, vur- deres de videnskabelige fuldtidsansatte der beskæftiger sig med rumrelaterede projekter at udgøre 8 årsværk. Det fremhæves fra alle sider at de danske universiteters indsats på området ikke ville være mulig uden de studerende og frivillige og de mange timer de lægger heri.

**Samarbejde med virksomheder og myndigheder**

Rumområdet er meget forskningstungt og både virksomheder og universiteter peger på en unik grad af gensidig afhængighed mellem de to parter. Den danske forskning, og den nye viden den genererer, er således helt essentiel i forhold til den erhvervsmæssige udvikling.

Generelt tegner sig et billede af at samarbejdet mellem universiteterne og virksomhederne i høj grad allerede er til stede og at det langt hen ad vejen er vellykket. Der peges eksempelvis på me- get vellykkede samarbejder i forhold til instrumentbygning samt flere af universiteternes bidrag til, at nanosatellitter har udviklet sig til et vækstområde i rumøkonomien.

Universiteterne spiller også en væsentlig rolle i forhold til myndighederne inden for en række be- stemte områder. Her fremhæves særligt det danske engagement i Arktis og farvandsovervågning i forbindelse med opretholdelse af dansk suverænitet.

Også inden for bemandet rumfart peges på, at der på flere projekter ses et relativt kort pay-off, hvor den genererede rumrelaterede viden inden for en begrænset tidshorisont kommer almindelige patienter de på danske sygehus til gavn, da udviklingen af medicinsk udstyr og forskningsforsøg til og på mennesker i rummet, samtidig giver os bedre idé om sygdomme og helbred for resten af de mennesker der befinder sig på jorden.

Universiteterne ser dog en generel tendens til at mange myndigheder i dag anvender rumrelatere- de teknologier og viden uden at være bevidste om det og ser herudover mange uudnyttede anven- delsesmuligheder i forbindelse med myndighedsopgaver.

**Midler og ressourcer**

På trods af en høj grad af specialisering samt et forholdsvis højt aktivitetsniveau relativt til den lave kritiske masse på universiteterne vurderes det samlede forskningsmæssigt bidrag at være kvantitativt begrænset i en international sammenhæng.

Samtidigt er det fra flere sider kommet til udtryk, at danske forskergrupper ikke i større omfang søger det nuværende forsknings- og innovationsmæssige bevillingssystem på trods af rumprojek- ternes bredde spændvidde. Samme tendens kan iagttages ved ansøgninger til Horizon2020. Blandt årsagerne til dette er, at det er en udfordring at komme i betragtning til flere af forskningspuljerne når man, som de danske universiteter, har studerende med på projekterne, da disse projekter så opfattes som projekter med et undervisningsperspektiv frem for et forskningsperspektiv.

**Andre forskningsmiljøer**

Ud over den forskning der foregår på universiteterne, er det vigtigt at holde sig for øje, at der også foregår forskningsaktiviteter i andre miljøer samt at en væsentlig mængde af forskning og udvik- ling finder sted i de private virksomheder. Et eksempel herpå er DMI der beskæftiger et betydeligt antal årsværk inden for forskning og som gennem mere end 30 år har publiceret en lang række forskningsartikler, både gennem medarbejdere ansat i DMI og i samarbejde med eksterne aktører.

* 1. **De danske myndigheder Kontoret for rum**

Den 8. maj 2015 fik Uddannelses- og Forskningsministeren overdraget det ressortmæssige ansvar for 1) sager vedrørende regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, 2) for deltagelse i interna- tionalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum, samt 3) for koordinering og samarbejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder. I forhold til myndighedsvaretagelsen, og dermed ansvaret for dansk udbytte af rumområdet, er denne fordelt mellem en række ministerier, der hver især bidrager med kompetencer inden for deres respektive fagområder, og som i større eller mindre grad anvender rumbaserede systemer.

**Flere ministerier og styrelser er aktive brugere af data og produkter fra rumområdet**

En række af de danske ministerier og styrelser er aktive brugere af data og produkter fra rumom- rådet. Det omfatter bl.a. Danmarks Meteorologiske Institut (under Energi-, Forsynings- og Klima-

ministeriet), Forsvarsministeriet, NaturErhvervstyrelsen (under Miljø- og Fødevareministeriet), Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet), Søfartsstyrelsen (under Erhvervs- og Vækstministeriet).

Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmodeller og er dermed et hovedelement i instituttets kerneforretning. Forsvaret benytter mange former for rumrelaterede ydelser og data. Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering understøtter bl.a. Forsvaret med geodata både nationalt og inter- nationalt ligesom styrelsen repræsenterer Danmark i internationale geodata-samarbejder og i det arktiske samarbejde under Arktisk Råd. NaturErhvervstyrelsen bruger satellitdata i sagsbehandlin- gen når der udbetales støtte til landmænd – samt i kontrolsammenhæng. Søfartsstyrelsen benyt- ter satellitdata til ruteplanlægning, maritim fysisk planlægning, havnestatskontrol mv.

Danske myndigheder benytter således i betydelig omfang data og produkter fra rummet. Derud- over eksisterer der et væsentligt samarbejde mellem myndigheder – især på modne ressortområ- der som søfart, transport og forsvar. Yderligere arbejder flere myndigheder aktivt med at imple- mentere nye anvendelser af data og produkter fra rummet. Det gælder eksempelvis i NaturEr- hvervstyrelsen, som er begyndt at benytte satellitdata i sit arbejde med administration og kontrol af arealstøtte til landmænd samt i forbindelse med overvågning af fredet natur.

**Kommuner benytter også data og produkter fra rumområdet**

Også på det kommunale niveau giver data og produkter fra rumområdet nye muligheder, herunder ikke mindst i forhold til byudvikling og eksempelvis klimasikring. I Danmark anvendes JO forsøgs- mæssigt i Thyborøn, hvor målet er at nå frem til en komplet fremskrivning af de næste mange års landhævninger og -sænkninger, hvilket udgør et væsentligt element i planlægningen af den lokale klimatilpasning. Fremskrivningen sker bl.a. i samarbejde med Kystdirektoratet og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.

## Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet

Investeringer i rummet bliver ofte fremhævet som særdeles gode investeringer med store afkast. Som led i analysen er der foretaget en gennemgang af eksisterende evidens og viden om de sam- fundsøkonomiske gevinster.

**Store gevinster sammenholdt med sektorens relative størrelse**

I forhold til sin relative størrelse bidrager det danske rumområde gennem afsmittende effekter til væsentlig større samfundsøkonomiske gevinster. Der er fastslået betydelige samfundsøkonomiske gevinster ved offentlige investeringer i både jordobservation, navigation og kommunikation.

I forhold til **jordobservation** skønnes Danmarks bidrag til GMES/Copernicus at afføde samfunds- økonomiske gevinster på omkring 7,5 mia. DKK frem mod 2030. På **navigationsområdet** skønnes de samfundsøkonomiske gevinster ved GPS-aktiviteter at udgøre omkring 6 mia. i 2013. Eftersom der kun er medtaget et udsnit af GPS-aktiviteter, kan dette med rimelighed betragtes som en ned- re grænse. De samfundsøkonomiske gevinster ved **satellitkommunikation** er ligeledes store, men har ikke på samme måde været mulige at kvantificere på et overordnet niveau, da der endnu ikke eksisterer studier af den samfundsøkonomiske værdi. I tillæg til de tre ovenstående satellitty- per skønnes de samfundsøkonomiske gevinster ved vejrmeldinger gennem EUMETSAT at udgøre omkring 700 mio. DKK årligt.

## Anvendelsesmuligheder

Inden for navigation fremhæves særligt potentialer for de brancher, der beskæftiger sig med transport til lands, til vands og i luften. Her giver udnyttelse af nøjagtig satellitnavigation mulighe- der for forbedret flådestyring og ruteplanlægning og der foregår i dag en del aktivitet omkring ud- arbejdelse af mere relevante prognoser – eksempelvis for den optimale vej over Atlanten. Anven- delsesmulighederne for GNSS favner dog bredt.

Den kommercielle anvendelse af jordobservation har endnu ikke nået det samme niveau som de andre satellitteknologier. Brugen af satellitbilleder er således primært samlet i aktiviteter der sigter mod den offentlige sektor, men der er væsentlige undtagelser. Samtidigt rummer de senere års udvikling i kvaliteten af satellitbilleder interessante perspektiver. Opløsningen i satellitbillederne er i dag så høj, at data der tidligere er indsamlet via fly, skibe eller fra landjorden i dag i vid udtræk- ning kan afløses af satellitdata.

Udover de transporttunge brancher, hvor de seneste års udvikling i kvaliteten af satellitbilleder har bidraget til et bedre overblik over den samlede trafiksituation og forhold på ruten, er eksempler på brancher der kan drage nytte af denne udvikling rådgivende ingeniører, forsikringsselskaber og andre virksomheder, der arbejder med geografisk information. En anden branche der allerede i dag udnytter rumteknologiens potentialer, men som stadighed udforsker nye kommercielle anvendel- sesmuligheder, er landbruget.

De kommercielle anvendelsesmuligheder af satellitkommunikation er mange, og højt udviklede. Generelt kan anvendelsesmulighederne sammenfattes til at omfatte alle områder, hvor der er be- hov for at kunne kommunikere mellem lokaliteter, der ellers ikke har brugbare alternative kommu- nikationsforbindelser.

Kombinationen af teknologier rummer potentialer for yderligere gevinster, eksempelvis på byudvik- lingsområdet. ESA’s Integrated Applications Programme er også et eksempel på hvordan man sø- ger at forbedre udbyttet af rumapplikationer ved at kombinere teknologier.

# INDLEDNING

For første gang i danmarkshistorien har regeringen påbegyndt processen med en national rumstra- tegi – en målrettet og langsigtet plan, som skal forme og styre udviklingen af den danske rumøko- nomi i de kommende årtier. For at støtte og oplyse denne strategiproces og sikre muligheden for, at man kan forelægge en velunderbygget strategi for regeringen, er det centralt at der etableres et analyse- og evidensgrundlag for rumområdet. Strategien forelægges regeringen inden udgangen af første halvår 2016.

Foruden analyse- og evidensgrundlaget omfatter strategiarbejdet drøftelser mellem de otte mini- sterier i arbejdsgruppen samt drøftelser mellem medlemmerne af følgegruppen og Rumforsknings- udvalget. Der er med andre ord behov for et fokuseret forløb i forhold til strategiarbejdet, og det er derfor vigtigt at analyse- og evidensgrundlaget spiller ind i strategiarbejdet på den helt rigtige må- de.

Formålet med denne rapport er at skabe et evidensgrundlag for rumområdets reelle omfang i Danmark samt for udnyttelse af potentialer og anvendelsesmuligheder for virksomheder, forsk- ningsinstitutioner og myndigheder.

Der findes ingen autoritative og opdaterede angivelser af erhvervsstruktur og størrelse af rumsek- toren i Danmark for så vidt angår eksempelvis omsætning, antal beskæftigede, antal virksomheder og forsknings- og udviklingsinstitutioner, bevillinger uden for ESA mv. Indeværende rapport er dermed vigtig, idet den sætter tal på et svært kvantificerbart område, hvilket også understreger dens betydning som udgangspunkt for den kommende nationale strategi for rumområdet.

Med afsæt i analyse- og evidensgrundlaget samt bred inddragelse af offentlige og private interes- senter skal strategien udstikke de kort-, mellem- og langsigtede rammer for rumområdet i Dan- mark og bidrage til, at der erhvervslivet, forskningsverdenen og myndighederne kan høste de for- ventede potentialer på området.

Rapporten består af et sammenfattende resumé (kapitel 1), en indledning (kapitel 2) samt fem delanalyser, der tilsammen sikrer et fyldestgørende dokumentationsgrundlag. De første tre delana- lyser (kapitel 3-5) kortlægger nuværende danske rumrelaterede aktiviteter, samfundsøkonomiske gevinster herved samt specifikke danske styrkepositioner. De sidste to delanalyser (kapitel 6 og 7) undersøger med udgangspunkt i en kortlægning af nuværende hhv. kommerciel samt myndigheds- anvendelse fremtidige anvendelsesmuligheder og behov. Samspillet mellem de enkelte delanalyser og det efterfølgende strategiarbejde er illustreret i figuren nedenfor.

**Figur 1. Analysedesign og læsevejledning**

**Formulering af strategi**



1

**Aktuelt**

3 **Rumområdets reelle omfang i Danmark**

**Fremadrettet**

**Resumé**

4

**Samfundsøkonomiske**

**gevinster**

5

2

**Danmarks styrkepositioner**

6

**Introduktion**

**Nuværende og fremtidige kommercielle anvendelsesmuligheder**

7

**Myndighedernes nuværende og fremtidige behov**

**Kortlægningsrapport fra Rambøll og London Economics**

 Kapitelnummer

Kilde: Rambøll og London Economics.

**Arbejdsgruppen**

## Danmarks rumhistorie

Selvom Danmark er en lille nation, har en række begivenheder gennem tiden bidraget til at gøre Danmark til en betydelig rumnation. Andreas Mogensens rejse til Den Internationale Rumstation blev for mange billedet på, at Danmark har en betydelig rolle at spille inden for rumforskning, men også andre begivenheder har været med til at forme den danske udvikling. I nedenstående tabel fremhæves vigtige nedslag i den danske rumhistorie, der har bidraget til at vi er nået dertil, hvor vi er i dag.

**Tabel 1. Vigtige nedslag i den danske rumhistorie**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Vigtige nedslag** | **År** | **Bedrift** |
| Tycho Brahe | 1546-  1601 | Grundig observatør af nattehimlen, hvis målinger af en supernova i Cassiopeia i 1572 og en komet i 1577 modbeviste den daværende gængse ide, at himlen var konstrueret af syv skaller.  Johannes Kepler, Braches assistent, formulerede sine love om planeters kredsløb ba- seret på Brahes data. |
| Ole Rømer | 1644-  1710 | Jupiters måne, Io, har et kredsløb på 42,5 timer. Ole Rømer observerede dette kreds- løb gennem et år og konstaterede, at månen ikke altid kom til syne på det forventede tidspunkt. Rømer viste, at årsagen hertil var ’lysets tøven’, altså at lyset *har en ha- stighed*. Huygens beregnede siden lysets hastighed baseret på Rømers data. |
| Bengt Strömgren | 1908-  1987 | Første publikation i en alder af 14 år i Astronomische Nachrichten i 1922. Præsident for den Internationale Astronomiske Union 1970-1973 og for European Southern Ob- servatorys råd 1975-1977. |
| Dansk Selskab for Rumfartsforskning | 1949- | Deltog i grundlæggelsen af den Internationale Astronautiske Føderation (IAF) i 1951. Har udgivet tidsskriftet **Dansk Rumfart** siden 1989. |
| European Space Re- search Organisation (ESRO) | 1962-  1975 | Danmark underskriver **ESRO** konventionen (1962) og indtræder ved organisationens grundlæggelse i 1964. |
| European Southern Observatory (ESO) | 1967 | Danmark indtræder i ESO. 19 videnskabelige opdagelser i ESO mellem 2000 og 2013 havde dansk islæt. |
| European Space Agen- cy (ESA) | 1975- | Danmark deltager i grundlæggelsen af **ESA** i 1975 og siden i adskillige missioner. |
| EUMETSAT | 1986- | Danmark deltager i grundlæggelsen af **EUMETSAT** (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites). |
| Ørsted-satellitten (Det Danske Småsatellit- program) | 1999 | Ørsted er den første satellit der er udviklet og bygget i Danmark af et konsortium bestående af otte virksomheder (tre er nu indlemmet i Terma), og adskillige universi- tets- og forskningsinstitutter. Satellitten blev opsendt i 1999 med forventet levetid på 14 måneder, men fungerer stadig. Rømer, den næste satellit i småsatellitprogrammet, skulle have målt stjerners pulser, men finansieringen ophørte i 2002, tre år før forven- tet opsendelse. |
| Andreas Mogensen, ESA astronaut | 2015 | ESA astronaut Andreas Mogensen tilbragte 10 dage på den Internationale Rumstation i september 2015 og blev den første dansker i rummet. |

Kilder: Space.com, Tycho Brahe Biography (<http://www.space.com/19623-tycho-brahe-biography.html>); Niels Bohr Instituttet, Ole Rømer og lysets tøven [(http://www.nbi.ku.dk/hhh/roemer/roemer/lysets\_toeven/)](http://www.nbi.ku.dk/hhh/roemer/roemer/lysets_toeven/), og Universitetsavisen nr. 10 2001, Ole Rømer-medaljen [(http://universitetsavisen.ku.dk/dokument2/dokument2/dokument7/Uni10.01.pdf)](http://universitetsavisen.ku.dk/dokument2/dokument2/dokument7/Uni10.01.pdf); ESO messenger no. 49, Bengt Strömberg (1908-1987) [(https://www.eso.org/sci/publications/messenger/archive/no.49-sep87/messenger-no49-1-1.pdf](https://www.eso.org/sci/publications/messenger/archive/no.49-sep87/messenger-no49-1-1.pdf)); Dansk Rumfart – en yngling på 40 [(http://rumfart.dk/vis.asp?artikelid=243)](http://rumfart.dk/vis.asp?artikelid=243); ESA History [(http://www.esa.int/About\_Us/Welcome\_to\_ESA/ESA\_history/ELDO\_ESRO\_ESA\_br\_Key\_dates\_1960-2014](http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/ESA_history/ELDO_ESRO_ESA_br_Key_dates_1960-2014)); <http://rumfart.dk/vis.asp?id=352>; [http://planetariet.dk/artikel/tillykke-%C3%B8rsted;](http://planetariet.dk/artikel/tillykke-%C3%B8rsted) [http://www.computerworld.dk/art/109178/stikket-blev-trukket-ud.](http://www.computerworld.dk/art/109178/stikket-blev-trukket-ud)

Danske virksomheder har bidraget til 58 satellitmissioner siden 1972. Figuren nedenfor viser forde- lingen mellem kunder og over tid.

**Figur 2. Satellitmissioner med dansk deltagelse**

Antal missioner

25

20



15

10

5

0

1972-1980 1981-1990 1991-2000 2001-2010 2011-2016 2017-2020

ESA NASA ESA+NASA Andre ESA+Andre NASA+Andre Dansk

Kilder: Terma, DTU, Aalborg Universitet, GomSpace. Figuren viser 63 satellitmissioner (og ikke 58 satellitmissioner) eftersom fem missi- oner havde deltagelse af både Terma og DTU. Se den komplette liste af missioner med deltagelse af Terma, DTU, Aalborg Universitet og GomSpace i bilag 4.

## Terminologi og definitioner

Aktiviteter med reference til rummet forbindes ofte med de store spørgsmål om universitets, jor- dens og livets opståen, som søges afdækket ved observation af stjerner, månen, planeter og ko- meter. Disse aktiviteter er væsentlige for menneskets forståelse af sin egen historie, og store beløb er brugt herpå, navnlig i det sidste århundrede.

Denne rapport udvider definitionen rumaktiviteter og definerer to fundamentale typer af rumrelate- rede aktiviteter, nemlig dem der relaterer sig til at producere isenkram, der skal forlade jorden og eventuelt sendes i kredsløb, og de processer, der søger at udnytte de muligheder, satellitter i rummet giver. For at opsende isenkram fra jorden kræves i bred forstand et transportmiddel og noget at sende op. I rumterminologi kaldes dette område for ”upstream”. ”Downstream” på den anden side er de aktiviteter, der omhandler kommercialisering og brug af satellitdata og tjenester.

Denne rapport behandler tre satellittyper med relevans for downstream med specifikke data og produkter tilknyttet. I praksis har visse satellitter forskellige typer payload, men som en simplifice- ring har vi valgt at referere til de signaler, satellitten leverer og deres anvendelse på jorden.

**Figur 3. Satellittyper**



**Jordobservationssatellitter**

Jordobservationssatellitter, som EU's Copernicus program, observerer Jordens fysiske træk. Satellitterne bruger eksempelvis radar eller optiske kameraer til at danne data. Jordobservationssatellitter (JO) kan være alt fra små CubeSats, som er kuber af 10x10x10 cm3 på ca. 1kg, til ESA’s Sentinel, som er 2,8x2,5x4 m3 og vejer 2,3 ton. JO anvendes til miljø- og overvågningsapplikationer samt genererer de satellitfotos der bruges til vejrmeldinger. JO-satellitter er i mange forskellige kredsløb afhængig af deres formål. De fleste er i sol-synkroniseret kredsløb (som Ørsted satellitten) eller polart kredsløb.

**GNSS**

GNSS (Global Navigation Satellite System)-satellitter, som USA's GPS og EU's Galileo, har atomure ombord, og udsender et præcist klokkeslæt i signalet. Brugerenheder ved til enhver tid hvor satellitten er, og kan beregne hvor lang tid signalet har rejst. Med fire signaler er det muligt at beregne enhedens præcise position. Systemet anvendes til navigation og de præcise tidsoplysninger (timing) bruges til synkronisering. GNSS er den billigste adgang til atomurspræcision. De 26-30 galileosatellitter vejer hver 700kg og er i Medium Earth Orbit (MEO) ca. 20.000 km over Jorden.

**Kommunikationssatellitter**

Kommunikationssatellitter fra private operatører (Inmarsat, Iridium, Thuraya, SES, Telenor m.fl.) bruges til at få adgang til kommunikation, internet og satellit-tv som supplement eller eneste mulighed i visse dele af verden (fx på havene eller i fly). De fleste, men ikke alle, kommunikationssatellitter er i geostationært kredsløb (ca. 36.000 km over ækvator), dvs. de er altid i den samme position i forhold til et sted på jorden. Telenors Thor6 er således i 1˚ Vest. Kommunikationssatellitter er den tungeste klasse af satellit med affyringsmasse mellem 1 og 5,9 ton.

Kilder: ESA, Boeing.

Foruden satellittyperne med relevans for downstream er der væsentlige aktiviteter forbundet med produktion og operation af missioner med forskningsfokus. Disse missioner omfatter satellitter i kredsløb om jorden (eksempelvis NASA’s Hubble Rumteleskop), satellitter i andre kredsløb (ek- sempelvis STEREO,1 som er i kredsløb om solen) og rumprober, der rejser til andre planeter i solsy- stemet (eksempelvis ExoMars), prober på missioner til andre solsystemer (Voyager 1 og 2) samt ESA Rosetta-missionen, hvis mål var en komet. Disse missioner har primært rumforskningsinteres- se og søger at besvare de store spørgsmål.

## Offentlige rumudgifter

Den Internationale Rumstation, ISS, er beregnet til at have kostet 100 mia. euro, alt inklusive over 30 år, og udgifterne er delt mellem USA, Rusland, Canada, Japan og ESA’s medlemslande.2 Med så mange skattekroner investeret i et projekt er det nødvendigt at sikre, at der er teoretisk hjemmel til sådan en investering. Økonomisk teori foreskriver, at regeringer kan intervenere i frie markeder, hvis allokeringen af ressourcer er sub-optimal. Dette kaldes en markedsfejl og betyder, at det frie marked ikke leverer det mest effektive udfald, men dette er ikke en tilstrækkelig betingelse for intervention. I stedet er det nødvendigt at forstå markedet og dermed blive i stand til at designe den rette intervention. De klassiske mikroøkonomiske argumenter for offentlig intervention præ- senteres med udgangspunkt i rummet nedenfor:

* + - **Bindeled mellem den FoU-tunge upstream-sektor og den kommercielt attraktive downstream-sektor**

Downstream-aktiviteter er kommercielt mere lukrative end upstream, og værdien af om- sætningen er langt større, men uden upstream ville der ikke være nogen satellitter og der- for ingen downstream.3 Uden offentlig intervention (i form af skatter og forskningsmidler) ville profitten genereret i downstream kun blive investeret i upstream-infrastruktur af sto- re, vertikalt integrerede virksomheder, hvilke der er meget få af i Danmark. Resultatet ville være utilstrækkelige investeringer i upstream-forskning og -udvikling (FoU) og over tid for- ringe downstream-sektorens kommercielle muligheder.4

1 Solar Terrestrial Relations Observatory.

2 <http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/How_much_does_it_cost>

3 Se eksempelvis OECD (2014) *The Space Economy at a Glance 2014.*

4 Konsultation med den britiske rumindustri, refereret i London Economics (2015) *The Case for Space 2015.*

* + - **De private kapitalmarkeders imperfektion**

Rose (1986)5 bemærker, at tre faktorer kan begrænse eller udelukke adgang til kapital på private markeder, nemlig: 1) stor usikkerhed eller risiko, 2) store faste omkostninger og 3) lang udviklingstid eller lange tilbagebetalingshorisonter. Rumprojekter, navnlig i upstream, er påvirket af alle tre faktorer i større eller mindre grad, idet risikoen ved projekterne er stor, og hvis for eksempel en raketaffyring fejler, er hele projektet i udgangspunktet tabt. De faste omkostninger ved rumprojekter er meget høje, mens de marginale omkostninger ofte er meget små (det koster eksempelvis ikke meget mere at fotografere endnu et områ- de på den samme rute eller sælge parabol-tv til endnu en kunde), så der er gode mulighe- der for stordriftsfordele. Endelig er udviklingsfasen ofte meget lang, og den initiale investe- ring giver ikke afkast før langt senere. Downstream-aktiviteter møder ikke de samme ud- fordringer som upstream, så længe isenkram i rummet leverer de nødvendige signaler, men langtidsrisikoen ved projekterne er alligevel uløseligt forbundet med upstream.

* + - **Markedsfejl i videnskab og innovation**

Forskning og udvikling i rummet skaber private gevinster i form af profit til udvikleren, men også samfundsmæssige gevinster gennem afsmittende effekter, som udvikleren ikke får (fuld) betaling for. Det socialt optimale FoU-niveau opnås kun, hvis omkostningerne til FoU vurderes i forhold til de private og sociale afkast. Uden offentlig intervention vil FoU- niveauet alene blive vurderet i forhold til investorens private gevinster, og mængden af FoU vil således aldrig nå det optimale niveau. Dette rationale gælder generelt for offentlig intervention i forskning og udvikling.

* + - **Rummet yder offentlige goder**

Et offentligt gode er defineret som et, hvor man ikke kan udelukke nogle brugere, og hvor én brugers anvendelse ikke skader en anden brugers nytte af godet. Visse rumbaserede tjenester, eksempelvis vejrudsigter og de åbne GNSS-signaler, kan betragtes som offentli- ge goder, men da de ikke får betaling, er det meget sjældent at kommercielle virksomhe- der tilbyder offentlige goder.6 Satellitkommunikation og visse navigationstjenester er ikke offentlige goder.

* + - **Eksternaliteter**

Brug af rummet skaber samfundsøkonomisk værdi, idet en borgers brug påvirker en anden aktør positivt (eksempelvis hvis fly skal bruge mindre tid i luften over lufthavne og dermed sparer brændstof og med mindre forurening til følge). Disse eksternaliteter tilfalder pr. de- finition ikke den part, som foretager investeringen, så det samfundsmæssigt optimale inve- steringsniveau, som tager hensyn til eksternaliteter, er højere end det private niveau, hvorfor offentlig intervention behøves.

De danske offentlige bevillinger til rummet præsenteres i [figur 4](#_bookmark10). Hovedparten af bevillingerne er gået til ESA, som ud over forskning og missioner, der inspirerer og flytter menneskets forståelse af rummet,7 skaber økonomisk aktivitet i Danmark i form af kontrakter til den danske industri. ESA har tillige udviklet den tekniske definition af EU’s satellitprogrammer8 og varetager udbud af relate- rede kontrakter.

5 Rose, N., L. (1986) “The Government’s Role in the Commercialization of New Technologies: Lessons For Space Policy”, tilgængelig her: [http://economics.mit.edu/files/4342.](http://economics.mit.edu/files/4342)

6 Indtil 2000 var GPS ikke et fuldkomment offentligt gode fordi Selective Availability (en funktion der forringede præcisionen på den civile

GPS-tjenester) var slået til. Med den nyeste generation af GPS satellitter (GPS-III) er Selective Availability ikke længere en mulighed. Som signalerne fra alle GNSS er defineret, er det ikke muligt at yde den åbne tjeneste til nogle brugere og udelukke andre. Principielt kunne vejrudsigter gøres betalingspligtige, men i praksis er det svært at forestille sig det etisk forsvarlige i at udelukke dele af befolknin- gen fra oplysninger med sundhedsimplikationer såsom hedebølger og kulde (som ville skulle udbedres af et offentligt sygehusvæsen).

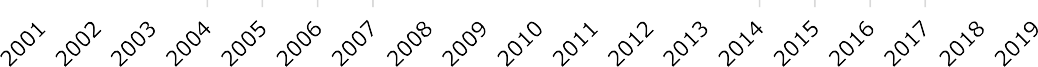
7 Eksempelvis gennem Rosetta.

8 Oprindelig blev EGNSS (EGNOS og Galileo) og Copernicus udviklet i ESA-regi, men blev siden overtaget af EU.

**Figur 4. Danmarks offentlige rumbevillinger (2013-priser)**

**Mio. DKK**

600



500

400

300

200

100

0

ESO EUMETSAT GEO, NOT, SR EU (JO) EU (GNSS) ESA

Kilde: Styrelsen for Forskning og Innovation.

Bemærk: Beslutningen om bevilling til ESA’s frivillige programmer træffes normalt for en treårig periode forud for Danmarks forpligtelse i forbindelse med ESA’s ministerkonference, hvor beslutninger om fremtidigt budget normalt træffes hvert tredje år. I figuren er fordelin- gen af bevillingen til ESA’s frivillige programmer fordelt over bevillingsåret og de følgende to år. I perioden 2011-2013, hvor princippet om treårige ministerkonferencer blev fraveget er bevillingen i 2011 - alene opført under 2011 og 2012 og bevillingen for 2012 er opført under 2013.

GEO: Group on Earth Observations, Danmarks medlemskab varetages af DMI. NOT: Nordic Optical Telescope, et teleskop på Gran Cana- ria, som drives af offentlige styrelser i Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige. SR: Strategisk Rumforskning, danske midler til rum- forskning. EU (GNSS) omfatter de europæiske satellitnavigationsprogrammer EGNOS og Galileo. Ud over disse bevillinger modtager godkendte teknologiske serviceinstitutter også offentlige bevillinger med rumrelevans, men disse er af begrænset omfang i denne sam- menhæng.

EUMETSAT9 er en overstatslig organisation, som giver medlemslandenes meteorologiske institutter adgang til satellitbilleder, der bruges til vejrudsiger. Ud over observationer fra organisationens egne satellitter giver en aftale med NOAA10 om gensidig brug adgang til observationer fra NOAA’s satellitter.

ESO, European Southern Observatory, er en organisation, der har fire observatorier i Sydamerika, herunder et meget stort teleskop i Chile,11 som er et af de bedste steder at studere nattehimlen fra jorden. Et nyt teleskop er under opførelse, E-ELT,12 som danske virksomheder kan vinde kontrakter om levering af udstyr til, og som danske forskere gennem medlemskabet af ESO kan bruge til at fremme forståelsen af verdensrummet. ESO er en vigtig kilde til astronomidata til forskere, og grundet denne rapports analyse af rummets forskningsmæssige betydning for Danmark er det re- levant at inddrage bevillingerne.

9 European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites.

10 USA’s National Oceanic and Atmospheric Administration.

11 Very Large Telescope, VLT.

12 European Extremely Large Telescope.

Udgifterne til EU’s satellitprogrammer inden for jordobservation og satellitnavigation er steget i de seneste år og stiger yderligere i løbet af dette årti. Udgifterne er baseret på Danmarks bruttobidrag til EU’s budget og andelen af EU’s budget, der bruges på programmerne. Inddragelsen af disse indirekte udgifter via EU gør, at de præsenterede bevillinger i [Figur 4](#_bookmark10) er større end de tilsvarende tal præsenteret af OECD i *The Space Economy at a Glance*, som kun præsenterer landes direkte udgifter.

EU’s programmer har til hensigt at skabe ny infrastruktur i rummet, som en mængde af downstre- am-virksomhederne forventes, og hjælpes til, at kommercialisere og udvikle løsninger og teknolo- gier der kan udnyttes til samfundets bedste.

[Figur 4](#_bookmark10) omfatter danske offentlige bevillinger med relevans for rummet på den ene eller anden måde, mens [Figur 5](#_bookmark11) nedenfor præsenterer den snævrere mængde af bevillinger, som er sammen- lignelig med de opgørelser, der kan findes i OECD’s *The Space Economy at a Glance 2014*.

**Figur 5. Danmarks rumbevillinger tilsvarende OECD *The Space Economy at a Glance 2014* (2013-priser)**

**Mio. DKK**

400

350

300

250

200

150

100

50

0

Andre programmer EUMETSAT ESA

Kilde: Styrelsen for Forskning og Innovation Samme bemærkning som til [Figur 4](#_bookmark10) gælder.

# RUMOMRÅDETS REELLE OMFANG I DANMARK

## Definition af rumøkonomien

OECD definerer rumøkonomien som *’de aktiviteter, der skaber værdi for mennesket gennem ud- forskning, forståelse, styring og brug af rummet’13*. Definitionen er således bredere end de traditio- nelle aktiviteter, der omhandler konstruktion og opsendelse af isenkram fra jorden.

Rummet er ikke en sektor i traditionel statistisk sektorklassifikation (fx NACE). Rumøkonomiens aktører findes i mange forskellige standardsektorer, men fælles for alle sektorer er, at mange aktø- rer, der ikke har aktivitet i rummet, også forefindes.14 Derfor er det ikke muligt at beregne størrel- sen på rumøkonomien ved hjælp af traditionelle statistiske udtræk. I stedet er det nødvendigt at identificere relevante aktører en ad gangen og basere værdiansættelse af rummet på data på virk- somhedsniveau.

Med henblik på at identificere relevante virksomheder er det nyttigt at betragte rumøkonomien i mindre dele for at forstå, præcis hvad der menes med definitionen. [Figur 6](#_bookmark14) præsenterer således den **værdikæde**, som anvendes til værdiansættelse af rumøkonomien, tager udgangspunkt i OECD’s værdikæde, men indeholder ændringer, der forbedrer den praktiske anvendelse af definiti- onen.

**Figur 6. Værdikæde og aktører i rumøkonomien15**

Kilde: Rambøll og London Economics med udgangspunkt i OECD (2014) *The Space Economy at a Glance 2014*.16

Grundlæggende set er der tre typer af organisationer i rumøkonomien, hvoraf **kommercielle ope- ratører**, **forsknings-** og **offentlige instanser** (blå og grå kasser) kan vurderes at skabe finansiel værdi. I bred forstand tjener begge grupper penge ved aktiviteter relateret til rummet. Industrien

13 OECD (2011) *The Space Economy at a Glance 2011*, London Economics oversættelse.

14 Et tidligt udkast af den ikke-offentliggjorte OECD (2016, forventet) *Handbook on Measuring the Space Economy 2016* rapporterer således, at 18 forskellige af FN’s International Standard Industrial Classification-koder har relevans for rumøkonomien.

15 Se bilag 5 for definitioner af de forskellige aktiviteter.

16 Yderligere information fra et tidligt udkast til OECD’s Handbook on Measuring the Space Economy 2016 er også indeholdt.

er den mest oplagte type, hvor virksomheder i forskellige led af værdikæden sælger varer og tje- nester med forbindelse til rummet.

**Universiteter** og andre forskningsgrupper er ofte finansieret af to forskellige kilder, henholdsvis indtægter på kommercielle vilkår (eksempelvis gennem salg til ESA eller forskellige typer konsu- lentarbejde i frit udbud) og gennem offentlige bevillinger. Offentlige instanser (blandt andet selv- stændige offentlige virksomheder) er ofte finansieret på samme måde som universiteter. Offentlige instanser, der udvikler egne analyser af rumdata, indgår i denne kategori af enheder i rumøkono- mien.

Den tredje gruppe klassificeres bredt som **’brugere’** af rummet (den grønne kasse). Disse virk- somheder og instanser adskiller sig fra industrien og de offentlige instanser, idet de ikke genererer omsætning fra rumrelaterede data og produkter, men i stedet anvender disse tjenester med hen- blik på at reducere omkostninger (tid, input mv.). En landmand, der anvender præcisionslandbrug (baseret på GNSS og evt. jordobservation), er således en del af **rumøkonomien**, men ikke **rum- industrien**. Brugergruppen indeholder foruden private kommercielle aktører også de offentlige styrelser, som anvender rumdata uden at udvikle egne analyser, borgere, der eksempelvis anven- der GPS i bilen og brugere af rumrelateret teknologi til ikke-rumaktiviteter (vidensafsmitning).

Regnskabs- og beskæftigelsestal præsenteres separat for rumindustrien samt ikke-kommercielle organisationer i dette kapitel. I første del af kapitlet rapporteres resultaterne fra virksomhedsana- lysen af rumområdets reelle omfang i Danmark i form af rumrelateret omsætning, beskæftigelse, værditilvækst mv. Herefter kortlægges hhv. forskningsinstitutioner og myndighedernes rumaktivi- tet i forhold til fordeling og koncentration af aktiviteter, samarbejde med andre organisationer samt midler og ressourcer. Kapitlet afsluttes med en redegørelse for aktørernes bevillinger fra det natio- nale og internationale forsknings- og innovationssystem.

## Identifikation af relevante aktører

Med fundamentet for analysen på plads er relevante aktører i den danske rumindustri identificeret ved hjælp af en multistrenget tilgang, hvor eksisterende virksomhedslister17, forskellige internetba- serede databaser (herunder Hjælpemiddeldatabasen) samt internetsøgning af rumrelaterede be- greber på danske hjemmesider. På denne baggrund blev en samlet bruttoliste med ca. 250 forskel- lige organisationer tilvejebragt. Efter en nærmere analyse af organisationernes hjemmesider blev ca. 110 filtreret fra, og **144 rumrelaterede virksomheder** blev tilbage. Disse præsenteres i figu- ren nedenfor, hvor hver nål på kortet repræsenterer en rumrelateret virksomheds hovedsæde.

17 Styrelsen for Forskning og Innovation bidrog med forskellige lister af rumrelevante virksomheder (se mere information i bilag 1), London Economics’ interne lister af rumvirksomheder i Storbritannien (i denne rapport refererer Storbritannien til Det Forenede Kongerige af Storbritannien og Nordirland (UK)) og i GNSS-industrien blev analyseret, og virksomheder med datterselskaber i Danmark udtrukket.

**Figur 7. Rumindustriens virksomheder**

Kilde: Rambøll og London Economics baseret på virksomhedens registrerede postnummer.

## Metode

Baseret på årsrapporter og hjemmesider er alle virksomheder blevet analyseret. Analysen har estimeret andelen af virksomhedens omsætning, som har rumrelevans, forstået på den måde at analysen kun omfatter den omsætning, der ville blive mistet, hvis satellitterne blev slukket. Endvi- dere er virksomheder udvalgt således, at det kun er virksomheder, hvor en betydelig del af om- sætningen ville blive mistet, der bidrager til analysen. Med andre ord analyseres generelle detail- handlere med enkelte rumrelevante produkter (eksempelvis paraboler eller satellitnavigationsen- heder) og mange ikke-rumrelevante produkter ikke. Derpå blev omsætningen videre fordelt på aktiviteterne i værdikæden. For alle virksomheder er analysen foretaget i marts 2016.

Enkelte virksomheder, som enten har en meget diversificeret aktivitetsportefølje eller stor andel af omsætningen genereret fra rumaktiviteter, er herefter blevet interviewet for at sikre højest mulig præcision i analysen. Aktivitetsandelene er efterfølgende fremsendt til Danmarks Statistik, og myndighedens officielle data danner således grundlag for beregningen af omsætning og beskæfti- gelse. De seneste tilgængelige data fra Danmarks Statistik refererer til 2013, og dette kapitel præ- senterer udelukkende data fra det år.18

Bemærk, at de tal, der præsenteres i dette kapitel, er det bedste estimat for rumaktivitet i Dan- mark, men fordi rumandele og regnskabsdata refererer til forskellige år, skal data fortolkes med måde. Ikke desto mindre giver forholdet mellem de forskellige typer rumaktivitet med stor sand- synlighed et akkurat billede, og de samlede tal præsenterer en størrelsesorden, der med rimelighed kan forventes at gælde. Universiteter og offentlige myndigheder er interviewet og beregnet separat

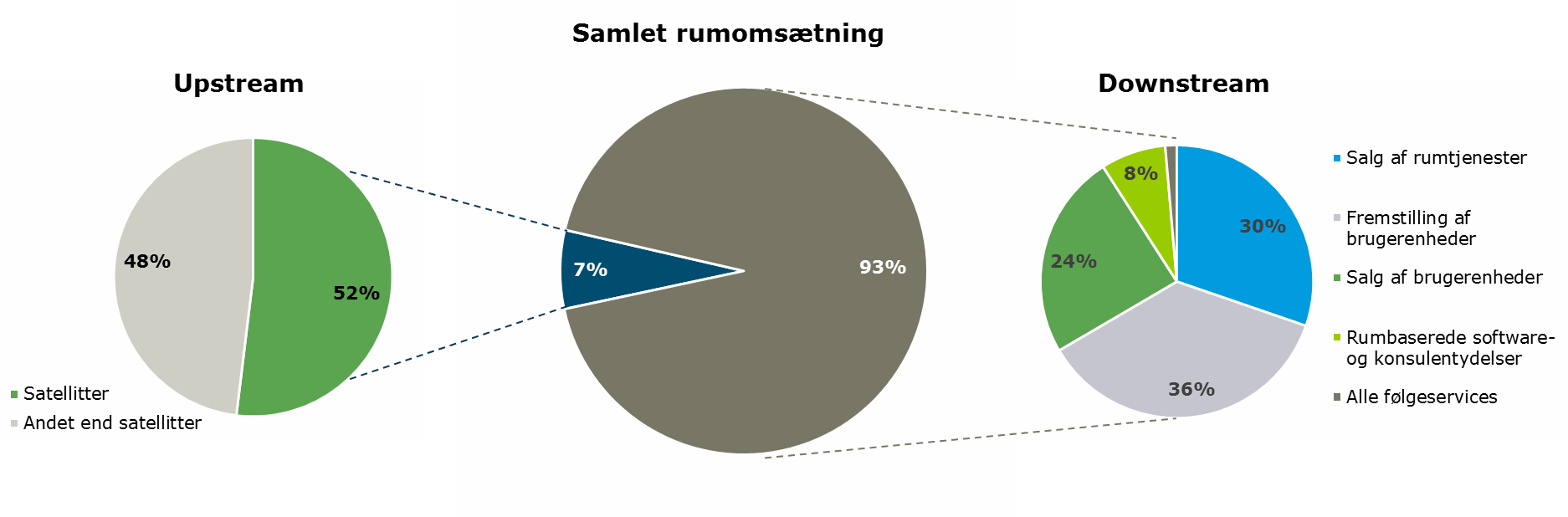
– uden om Danmarks Statistiks data, og her fremkommer derfor ikke den samme forskel i referen- ceår.

18 Da rumaktivitet er indsamlet i 2016 (for hovedparten af virksomheder) giver det ikke mening at analysere vækst i virksomhederne baseret på disse data (hvis de samme rumandele tilskrives virksomhederne i 2012, vil resultatet kun vise udviklingen i virksomhedernes samlede omsætning, ikke rumomsætning). Data fra Danmarks Statistik er baseret på højst 127 virksomheder (for de variable med flest datapunkter, hvilket betyder, at mindst 14 af virksomhederne er nyere end 2013). Tilsvarende har vi kendskab til virksomheder, der har drejet nøglen om i den samme periode.

## Erhverv

* + 1. **Rumomsætning**

Omsætningen fra rumaktivitet i de 127 virksomheder med tilgængelige data i 2013 beløb sig til **4,4 milliarder DKK.** Det er informativt at studere denne omsætning mere detaljeret ved at betragte de respektive værdier i forskellige dele af værdikæden. Imidlertid har Danmarks Statistik et rap- porteringskrav som gør, at minimum 10 virksomheder skal ligge til grund for de præsenterede data. Af denne grund, er værdikæden blevet konverteret og grupper med få virksomheder slået sammen. Den præcise konvertering er beskrevet i bilag 3. [Figur 8](#_bookmark18) nedenfor præsenterer omsæt- ning pr. værdikædeelement, som opfylder Danmarks Statistiks rapporteringskrav.

**Figur 8. Rumomsætning pr. værdikæde**

Kilde: Rambøll og London Economics’ analyse og data fra Danmarks Statistik.

Note: Salg af rumtjenester omfatter operation af jordstationer og satellitter samt salg af båndbredde til satellitinternet, -telefoni og parabol-tv.

Danmarks rumomsætning skabes således i høj grad i downstream-elementet, hvor isenkram i rummet kommercialiseres og sælges til brugere. Til sammenligning viser en partiel analyse af Danmarks ESA-kontrakter, at det er upstream-aktiviteterne, der henter flest penge (mere end 80

% af den samlede kontraktværdi i 2013). Salg til ESA udgør omtrent 40 % af upstream-sektorens samlede omsætning.

I tabel 2 nedenfor sammenlignes rumomsætningen i hhv. upstream- og downstream-sektoren i den danske rumøkonomi med fordelingen imellem disse i den globale rumøkonomi.

**Tabel 2. Global rumomsætning**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Værdi 2013, OECD** | **Andel globalt** | | **Andel DK** |
| **Samlet rumomsætning** | 1.387,6 mia. DKK | (256.242 mio. $) |  |  |
| **Upstream** | 460,5 mia. DKK | (85.042 mio. $) | **33 %** | **7 %** |
| **Downstream** | 880,7 mia. DKK | (162.932 mio. $) | **67 %** | **93 %** |

Kilde: OECD (2014) The Space Economy at a Glance.

Note: Valutakonvertering baseret på xe.com for 31. december 2013.

Af tabellen ses, at upstream-sektorens andel af den samlede rumomsætning globalt set udgør 33

%. Danmarks upstream-sektor udgør således, med 7 % af den danske rumomsætning, en betrag- teligt lavere andel af rumomsætningen end det globale gennemsnit. Efter vedtagelsen af Lov om

Aktiviteter i det ydre rum19 er det tænkeligt, at det danske upstream-segment vil vokse, fordi dan- ske såvel som udenlandske virksomheder får mulighed for at registrere og styre satellitter i Dan- mark. I så fald vil det være nærliggende at købe satellitter og komponenter fra den lokale industri, som det alt andet lige vil være nemmere at forhandle og kommunikere med undervejs i projektet. Danmarks upstream-segment er imidlertid hæmmet af, at Forsvaret som organisation historisk ikke har haft efterspørgsel efter satellitter tilsvarende eksempelvis forsvarene i Storbritannien, USA m.fl. med det resultat, at de sikre offentlige kontrakter, der tilfalder konkurrenter i andre lande, ikke på samme måde har været tilgængelige i Danmark.

Selv med den mest snævre definition af downstream, som man kan forestille sig, hvor kun frem- stilling af enheder, der bruges på jorden til at dekodere signaler fra satellitter (GNSS og satellit- kommunikation), ville downstream stadig være det klart største værdikædeelement – fem gange større end upstream.

Grundet rumøkonomiens definition, samt at den ikke figurer selvstændigt i officielle statistikker, er der betydelige udfordringer ved sammenligninger på tværs af lande. Rapporten *The Space Econo- my at a Glance* er den bedste kilde til sammenligninger, men også denne publikation er begrænset af tilgængelige data. [Tabel 3](#_bookmark19) sammenligner de danske omsætningstal med Storbritannien, Norge, Schweiz og Østrig baseret på de bedste tilgængelige data. Storbritanniens tal følger den samme definition som denne rapport.

**Tabel 3. Danmark sammenlignet med andre lande (2013, hvis ikke andet er angivet), mio. DKK**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Danmark** | **Storbritannien** | **Norge (2012)** | **Schweiz** | **Østrig (2011)** |
| **Rumomsætning** | 4.389 | 105.911 |  |  | 929‡ |
| **Upstream** | 304 | 8.141 | 6.101† |  |  |
| **Downstream** | 4.085 | 97.770 |  | 1.824\* |  |

Note: Valutakonvertering baseret på xe.com for 31. december i året.

Bemærk: †: Norges tal refererer primært til upstream-aktiviteter; \*Schweiz’ tal refererer alene til den største downstream-virksomhed, RUAG. Store GNSS virksomheder (Garmin, Leica Geosystems, og U-Blox, m.fl.) er registrerede i Schweiz. ‡: Indeholder også forsknings- bevillinger.

I tillæg til forskelle i definitioner og afgrænsninger bliver sammenligninger på tværs af lande også vanskelige, idet lokale faktorer spiller ind både industrielt og geografisk. Eksempelvis er den stør- ste britiske rumvirksomhed parabol-tv-virksomheden Sky, som leverer signal til ca. 11 millioner britiske hjem. Virksomheden omsatte for mere end 7,2 mia. britiske pund i 2013, hvoraf ikke alt er rumrelateret. Dette står i stærk kontrast til forholdene på det tilsvarende danske marked, hvor parabol-tv leveres af Viasat og Canal Digital, som begge er datterselskaber af nordiske distributi- onsfirmaer (henholdsvis svenske MTG og norske Telenor). Den samlede omsætning for de to dan- ske virksomheder i 2013 var ca. 1,5 mia. DKK. – dvs. godt 45 mia. DKK lavere end Skys omsæt- ning samme år.

Ud over Sky adskiller den britiske rumøkonomi sig fra den danske ved tilstedeværelsen af Airbus Defence and Space, som producerer ca. 25 % af verdens kommunikationssatellitter, og Inmarsat, den største virksomhed inden for mobil satellitkommunikation.

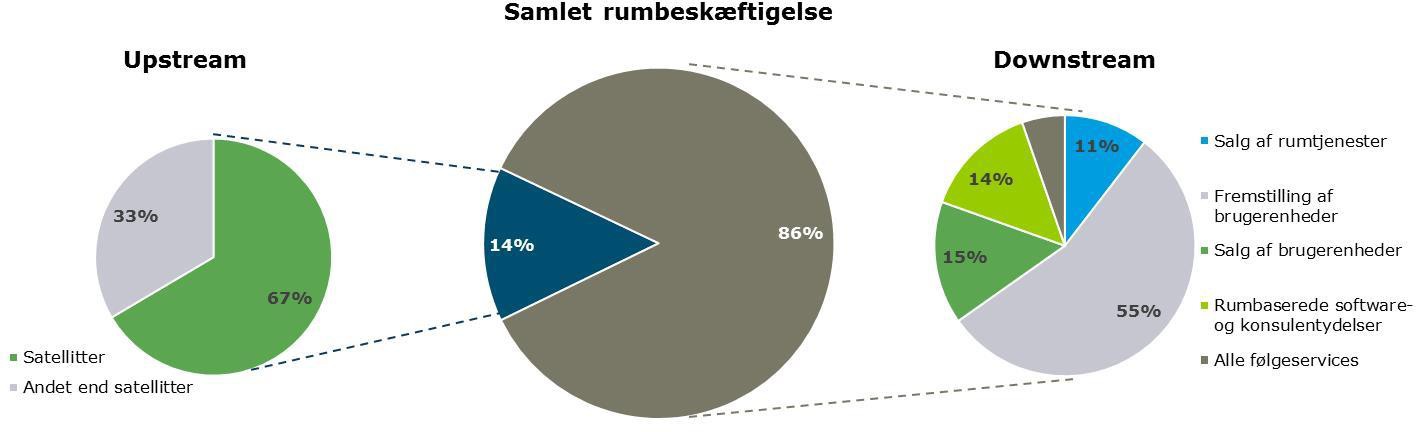
Også i Norge, der er et land vi ofte sammenligner os med, spiller lokale faktorer ind og gør mar- kedsgrundlaget svært sammenligneligt. Norges rumøkonomi hjælpes af landets nordlige placering, hvor eksempelvis Kongsberg Satellite Services i Tromsø og på Svalbard nyder godt af adgang til kommunikation med jordobservationssatellitter i kredsløb over Nordpolen.

19 [http://www.ft.dk/samling/20151/lovforslag/L128/index.htm.](http://www.ft.dk/samling/20151/lovforslag/L128/index.htm)

* + 1. **Beskæftigelse**

Virksomhederne i den danske rumøkonomi beskæftigede ca. **1.550 fuldtidsansatte** i 2013. Lige- som tilfældet var for omsætning, findes hovedparten af beskæftigelsen i downstream-segmentet, hvor 86 % af den samlede arbejdsstyrke er beskæftiget.

**Figur 9. Rumbeskæftigede pr. værdikæde**



Kilde: Rambøll og London Economics’ analyse og data fra Danmarks Statistik

Beskæftigelsen i satellitproduktion (inklusive systemer og komponenter) samt fremstilling af bru- gerenheder udgør en større andel af den samlede beskæftigelse end aktiviteten udgør af omsæt- ning, mens salg af rumtjenester (inkl. parabol-tv) beskæftiger relativt færre ansatte end omsæt- ningsandelen.

Tabellen herunder viser fordelingen af rumbeskæftigede pr. region.20

**Tabel 4. Rumbeskæftigelse pr. region, 2013**

|  |  |
| --- | --- |
| **Region** | **2013** |
| Hovedstaden | 47,7 % |
| Nordjylland | 23,6 % |
| Midtjylland | 12,6 % |
| Syddanmark | 12,4 % |
| Sjælland | 2,2 % |
| Ukendt | 1,5 % |

Kilde: Rambøll og London Economics’ analyse og data fra Danmarks Statistik

Virksomhederne i Region Hovedstaden, som huser lige under en tredjedel af den danske befolk- ning, beskæftiger knap halvdelen af Danmarks rumbeskæftigede. Også i Region Nordjylland, der med blot 10 % af Danmarks befolkning huser næsten en fjerdedel af landets rumbeskæftigede, er koncentrationen af rumbeskæftigede høj.

Figuren nedenfor viser antallet af rumbeskæftigede fordelt efter uddannelsesniveau og sammenlig- net med landsgennemsnittet.21

20 Da analysen er baseret på registerdata, er det ikke muligt at analysere rumbeskæftigede alene. Metoden for beregning af den geografi- ske udbredelse af rumbeskæftigelse antager således, at den geografiske udbredelse af den samlede medarbejderstab i en virksomhed er den samme for de ansatte med rumrelevans.

21 Befolkningen (15-69 år). Denne analyse følger samme fremgangsmåde som beskrevet i ovenstående fodnote.

**Figur 10. Uddannelsesniveau**

50%

40%

30%

20%

10%

0%

Grundskole Gymnasial Bachelor Kandidat PhD Ukendt Rumgennemsnit Landsgennemsnit

Kilde: Rambøll og London Economics’ analyse. Data fra Danmarks Statistik.

En langt større andel af medarbejderne i virksomheder i rumøkonomien har en lang videregående uddannelse (41,5 % i forhold til 7,1 % i befolkningen som helhed). 2 % af rumansatte er i besid- delse af en ph.d., mens andelen for resten af befolkningen er 0,5 %.

* + 1. **Værditilvækst**

Af omsætningen på 4,4 mia. DKK i 2013 skabte rumøkonomien en bruttoværditilvækst på 1,2 mia. DKK med en arbejdsproduktiviteten (bruttoværditilvækst pr. medarbejder) på ca. 750.000 DKK pr. ansat. Landsgennemsnittet (beregnet som BNP delt med arbejdsstyrken) er ca. 700.000 DKK pr. ansat.

* + 1. **Import og eksport**

Rumøkonomien er, med 59 % af omsætningen genereret uden for Danmark, meget eksportorien- teret. Upstream-sektoren eksporterer 94 % af sin omsætning, mens det samme tal for downstream er 58 %. De korresponderende tal fraregnet ESA-omsætning, som er ren eksport, er henholdsvis 91 % for upstream og 58 % for downstream. Dette dækker dog over store forskelle de forskellige downstream-aktiviteter imellem. Således eksporterer salg af rumtjenester (herunder parabol-tv) ca. 11 %, mens fremstilling af brugerenheder er oppe på 95 % i eksportandel.

Importandelen viser på den anden side, at leverandører til upstream-virksomheder i højere grad er danske (import svarer til 21 % af omsætning), mens downstream-virksomheder importerer hvad der svarer til 55 % af omsætningen.

At virksomheder i rumøkonomien bidrager positivt til betalingsbalancen med et overskud på 318,5 mio. DKK i 2013 skyldes således i høj grad upstream-sektoren.

## De danske universiteter

Danmark har indtil for nylig været en lille, men stadig traditionel rumforskningsnation og fokus har været på nicheområder inden for rumforskning og levering af rumfartsteknologier. Udviklingen og opsendelsen af den første danske satellit, Ørsted-satellitten i 1999, var kulminationen på en viden- skabelig og teknologisk kraftanstrengelse fra flere universiteter, institutter og virksomheder, og Ørsted-satellitten banede for alvor vejen for dansk forskning og førte dansk industri ind på marke- det for rumfartsudstyr.

* + 1. **Fordeling og koncentration**

Det suverænt største danske universitetsforskningsmiljø befinder sig på og omkring DTU. I 2015 havde DTU Space alene omkring 80 videnskabelige fuldtidsansatte og 200 studerende beskæftiget med rumrelaterede aktiviteter. Ud over DTU Space beskæftiger syv andre institutter på DTU sig med rumrelaterede aktiviteter, men her er volumen langt mindre. På DTU Aqua og DTU Miljø vur- deres det eksempelvis, at henholdsvis 0,5 og 2 fuldtidsansatte er beskæftiget med rumrelaterede projekter suppleret med fem studerende.

Målt i videnskabelige fuldtidsansatte er der også tale om mindre miljøer på de andre danske uni- versiteter. På Aalborg Universitet, der har opsendt fem egne satellitter og været en af hovedleve- randørerne til ESA Educations SSETI EXPRESS, vurderes de videnskabelige fuldtidsansatte der be- skæftiger sig med rumrelaterede projekter at udgøre otte årsværk. At dette er muligt skyldes ude- lukkende, at de studerende beskæftiget med rumrelaterede projekter udgør en væsentlig del af volumen på de enkelte universiteter. Det fremhæves fra alle sider, at de danske universiteters indsats på området ikke ville være mulig uden de studerende og frivillige og de mange timer, de lægger heri.

Tabellen nedenfor angiver et skøn for antallet af videnskabelige årsværk – der samlet set beskæf- tiger sig med rumforskningsrelaterede projekter på de danske universiteter – opdelt på de enkelte institutter. Tallene skal ses som skøn, idet der for de enkelte institutter optræder forskelle i, hvor- vidt postdocs og ph.d.-studerende er medtaget i opgørelserne. Der er også spurgt ind til antallet af studerende, der tager meritgivende point relateret til rumområdet, men en samlet oversigt over disse opgørelser er udeladt grundet relativt store udsving i opgørelsesmetode fra institut til institut. Det skal dog understreges, at de studerende som tidligere nævnt udgør en væsentlig del af volu- men på de enkelte universiteter.

**Tabel 5. Universiteternes skøn over videnskabelige årsværk beskæftiget med rumrelateret forskning på de enkelte institutter**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Universitet** | **Institut** | **Videnskabelige årsværk** |
| AU | Miljøvidenskab | 4 |
| AU | Biomedicin | 5,5 |
| AU | Fysik | 22 |
| AU | Geoscience | *Ikke oplyst* |
| AU | Kemi | 15 |
| DTU | DTU Compute | 2 |
| DTU | DTU Kemi | 0 |
| DTU | DTU Vind | *Ikke oplyst* |
| DTU | DTU Space | 80 |
| DTU | DTU Elektro | 5 |
| DTU | DTU Miljø | 2 |
| DTU | DTU Aqua | 0,5 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Universitet** | **Institut** | **Videnskabelige årsværk** |
| DTU | DTU Byg | 0,5 |
| DTU | DTU Fysik | 0 |
| DTU | DTU Management Engineering | 0 |
| KU | Datalogisk Institut | 2 |
| KU | Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning | 2 |
| KU | Kemisk Institut | 6 |
| KU | Niels Bohr Instituttet | 12 |
| KU | Statens Naturhistoriske Museum | *Ikke oplyst* |
| KU | Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet (SUND) | 1 |
| SDU | Det Tekniske Fakultet | *Ikke oplyst* |
| SDU | Det Naturvidenskabelige Fakultet (CP3) | 10 |
| SDU | Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet | *Ikke oplyst* |
| AAU | Aalborg Universitet | 8 |
|  | **Videnskabelige årsværk i alt** | **177,5** |

Kilde: Interviews med de enkelte forskningsinstitutioner.

En vigtig pointe i forhold til de studerende er desuden rummets unikke styrke som undervisnings- område, hvilket fremhæves fra flere sider. Der peges på, at rummet har en særlig evne til at moti- vere unge i dag til at tage naturvidenskabelige og tekniske uddannelser, og at området fascinerer som få andre undervisningsområder. Der ses derfor uudnyttede potentialer i forbindelse med rum- met som undervisningsområde. Disse bunder ikke blot i Andreas Mogensens nylige mission til rummet, men også det brede spekter af emner og muligheder for tværfaglige forløb, hvor rummet kan indgå, og bidrage til at give indsigt i mere grundlæggende undervisningsemner. Eksempelvis fremhæves et undervisningsområde som bemandet rumfart (rumfysiologi) som en god indgang til læren om kroppens fysiologi.

* + 1. **Samarbejde med andre organisationer**

Kendetegnende for rumområdet er, at der er tale om et meget forskningstungt område, og både virksomheder og universiteter peger på en unik grad af gensidig afhængighed mellem de to parter. Den danske forskning og den nye viden, den genererer, er således helt essentiel i forhold til den erhvervsmæssige udvikling.

Generelt tegner der sig et billede af, at samarbejdet mellem universiteterne og virksomhederne i høj grad allerede er til stede, og at det langt hen ad vejen er utroligt vellykket. Der peges eksem- pelvis på meget vellykkede samarbejder i forhold til instrumentbygning, samt at flere af universite- ternes bidrag til, at nano-satellitter har udviklet sig til et vækstområde i rumøkonomien. Både virk- somheder og universiteter fremhæver at have glæde af hinanden og ser fortsat mange uudnyttede muligheder.

Universiteterne spiller også en væsentlig rolle i forhold til myndighederne inden for en række be- stemte områder. Her fremhæves særligt det danske engagement i Arktis og farvandsovervågning i forbindelse med opretholdelse af dansk suverænitet.

Også inden for bemandet rumfart peges på, at der på flere projekter ses et relativt kort pay-off, hvor den genererede rumrelaterede viden inden for en begrænset tidshorisont kommer almindelige patienter de på danske sygehus til gavn, da udviklingen af medicinsk udstyr og forskningsforsøg på mennesker i rummet samtidig giver os bedre idé om sygdomme og helbred for resten af de men-

nesker, der befinder sig på jorden. Danske forskere har som eksempel afviklet en stribe vægtløs- hedsflyvninger gennem ESA samt samarbejdet med forskergrupper ved NASA. Formålet med disse eksperimenter er at undersøge blod- og væskeforskydninger i vægtløshed og konsekvenser heraf for hjernens tryk og blodforsyning. Det har givet de danske forskere mulighed for at deltage i de første direkte målinger af hjernens tryk i vægtløshed, og den nye viden vil komme ikke blot astro- nauter, men også en bred gruppe af neurologiske og neurokirurgiske patienter til gode. Samarbej- det er voksende og involverer nu både KU og kliniske afdelinger på Rigshospitalet og Glostrup Hos- pital.

Universiteterne ser dog en generel tendens til, at mange myndigheder i dag anvender rumrelatere- de teknologier og viden uden at være bevidste om det og ser herudover mange uudnyttede anven- delsesmuligheder i forbindelse med myndighedsopgaver. Samarbejdet med myndighederne vurde- res på denne baggrund at kunne styrkes væsentligt.

* + 1. **Midler og ressourcer**

På trods af en høj grad af specialisering og et forholdsvis højt aktivitetsniveau relativt til den lave kritiske masse på universiteterne vurderes det samlede forskningsmæssige bidrag at være kvanti- tativt begrænset i en international sammenhæng. Dette skyldes blandt andet, at danske forskere grundet relativt få midler samt et begrænset antal topforskere har svært ved at følge med efter- spørgslen på anvendelsesorienteret forskning til både virksomheder og offentlige myndigheder.

Det er flere steder kommet til udtryk, at forskergrupper ikke i større omfang søger det nuværende forsknings- og innovationsmæssige bevillingssystem på trods af rumprojekternes brede spændvid- de. Samme tendens kan iagttages ved ansøgninger til Horizon 2020. Dette bunder, ifølge flere udsagn, blandt andet i, at:

* + - * Det er **en udfordring at komme i betragtning til flere af forskningspuljerne,** når man som de danske universiteter har studerende med på projekterne, da disse projekter så opfattes som projekter med et undervisningsperspektiv frem for et forskningsperspektiv.
      * Der er for **få personer til at søge midlerne**. Det begrænsede antal årsværk beskæftiget med rumrelaterede aktiviteter på de enkelte universiteter gør, at de enkelte forskere er nødsaget til at allokere en relativt stor del af deres tid til at søge midler.
      * I tråd med ovenstående peges på, at **ansøgningsprocesserne i mange tilfælde er meget omfangsrige og succesraten omvendt er lav**. Således undlader flere at søge bestemte pul- jer, medmindre de er i samarbejde med NASA eller andre organisationer, der har ressourcerne til at søge.

De danske universiteter understreger desuden vigtigheden af det danske bidrag til og engagement i de store europæiske missioner. ESA-satellitter som Euclid og Planck giver dansk forskning unikke muligheder for at generere ny viden, og det danske bidrag til Planck er et godt billede på, hvorfor netop de europæiske missioner er gavnlige for udviklingen af dansk forskning. Planck-satellitten foretager den hidtil mest præcise kortlægning af den kosmiske baggrundsstråling, der stammer helt tilbage fra tiden lige efter Big Bang. Missionens hovedinstrument er et 4 meter langt og 2 tons tungt teleskop, der er forsynet med et delvist dansk udviklet spejl til måling af den kosmiske mi- krobølgebaggrundsstråling. Via baggrundsstrålingen er det muligt at kortlægge universets tidligste strukturer med en hidtil uset nøjagtighed.

* + 1. **Andre forskningsmiljøer**

Ud over den forskning, der foregår på universiteterne, er det vigtigt at holde sig for øje, at der også foregår forskningsaktiviteter i andre miljøer, samt at en væsentlig mængde af forskning og udvikling finder sted i de private virksomheder. Et eksempel herpå er DMI, der beskæftiger et be- tydeligt antal årsværk inden for forskning og som gennem mere end 30 år har publiceret en lang

række forskningsartikler, både gennem medarbejdere ansat i DMI og i samarbejde med eksterne aktører.

## Offentlige myndigheder

Den 8. maj 2015 fik uddannelses- og forskningsministeren overdraget det ressortmæssige ansvar for 1) sager vedrørende regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, 2) for deltagelse i interna- tionalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum samt 3) for koordinering og samarbejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder. I forhold til myndighedsvaretagelsen, og dermed ansvaret for dansk udbytte af rumområdet, er denne fordelt mellem en række ministerier, der hver især bidrager med kompetencer inden for deres respektive fagområder, og som i større eller mindre grad anvender rumbaserede systemer.

Som et led i det samlede analyse- og evidensgrundlag er der gennemført en afdækning af de dan- ske myndigheders nuværende og fremtidige behov for anvendelse af rumbaserede data og produk- ter. Afdækningen er dels baseret på eksisterende viden om den aktuelle myndighedsvaretagelse og myndighedernes rumrelaterede aktiviteter, dels på interview med repræsentanter for ressortmini- sterierne, tilknyttede styrelser og statslige aktører.

Interviewene med statslige myndigheder og aktører peger på, at myndighedernes nuværende og fremtidige behov for data og produkter fra rumområdet i særlig grad vedrører følgende områder:

* Jordobservation
* Satellitnavigation
* Sikkerhed og beredskab
* Telekommunikation
* Arktiske initiativer.

En række ministerier og styrelser er aktive brugere af data og produkter fra rumområdet. Det om- fatter bl.a. Danmarks Meteorologiske Institut (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet), Forsvarsministeriet, NaturErhvervstyrelsen (under Miljø- og Fødevareministeriet), Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet), Søfartsstyrelsen (under Erhvervs- og Vækstministeriet).

Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmodeller og er dermed et hovedelement i instituttets kerneforretning. Derudover forsker DMI inden for sattelitområdet og deltager i en lang række internationale forskningssamarbejder. DMI er således blandt de største forskningsmiljøer inden for remote sensing i Danmark. Forsvaret benytter mange former for rumrelaterede ydelser og data. Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering understøtter bl.a. Forsvaret med geodata både natio- nalt og internationalt, ligesom styrelsen repræsenterer Danmark i internationale geodata- samarbejder og i det arktiske samarbejde under Arktisk Råd. NaturErhvervstyrelsen bruger satel- litdata i sagsbehandlingen, når der udbetales støtte til landmænd – samt i kontrolsammenhæng.

Søfartsstyrelsen benytter satellitdata til ruteplanlægning, maritim fysisk planlægning, havnestats- kontrol mv. Som det fremgår, benytter danske myndigheder således i betydeligt omfang data og produkter fra rummet. Derudover eksisterer der et væsentligt samarbejde mellem myndigheder – især på modne ressortområder som søfart, transport og forsvar.

Endelig viser analysen på dette punkt, at flere myndigheder arbejder aktivt med at implementere nye anvendelser af data og produkter fra rummet. Det gælder eksempelvis i NaturErhvervstyrel- sen, som er begyndt at benytte satellitdata i deres arbejde med administration og kontrol af areal- støtte til landmænd samt i forbindelse med overvågning af fredet natur. Øget brug af data og pro- dukter fra rummet giver mulighed for at effektivisere interne arbejdsgange, ligesom de åbner for mulighed for at fokusere myndighedsvaretagelsen, eksempelvis i forhold til kontrol i forbindelse med udbetaling af landbrugsstøtten.

I tillæg hertil rummer data og produkter fra rumområdet mulighed for at reducere miljø- og klima- belastningerne. NaturErhvervstyrelsen og landbrugsorganisationen SEGES har i fællesskab købt løsningen ”CropSAT”, som de stiller gratis til rådighed for landbruget. Gennem denne løsning kan man via satellitbilleder beregne et vegetationsindeks, der viser biomassen på marken, og herudfra er det muligt at danne et kvælstoftildelingskort, således at landbruget kan foretage en bedre forde- ling af kvælstofmængden.

Også på det kommunale niveau giver data og produkter fra rumområdet nye muligheder, herunder ikke mindst i forhold til byudvikling og eksempelvis klimasikring. I Danmark anvendes JO forsøgs- mæssigt i Thyborøn, hvor målet er at nå frem til en komplet fremskrivning af de næste mange års landhævninger og -sænkninger, hvilket udgør et væsentligt element i planlægningen af den lokale klimatilpasning. Fremskrivningen sker bl.a. i samarbejde med Kystdirektoratet og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. En del af undersøgelserne baseres på en 3D-model af undergrun- den og dens relationer til de registrerede sætninger. For at 3D-modellen kan klarlægge årsagen til, at landet synker eller hæver sig, bliver den sammenholdt med viden fra op til 100 år gamle måle- punkter i Thyborøn samt jordobservationsbilleder.

## Rumprojekters succesrate i bevillingssystemerne

Danske rumprojekter kan finansieres gennem det forsknings- og innovationsmæssige bevillings- system nationalt som internationalt. Dette omfatter primært Horizon 2020 og tidligere rammepro- grammer. I det følgende gøres rede for danske rumprojekters bevillinger fra systemet.

* + 1. **EU’s rammeprogrammer**

Nedenstående figur viser, at Danmark i alt hentede omtrent 396 mio. euro hjem til forskning fra EU’s 6. rammeprogram, hvilket svarer til omtrent 2,4 % af de samlede midler.

**Figur 11. FP6, samlede bevillinger**

18.000 €

15.000 €

12.000 €

**Mio. euro**

9.000 €

6.000 €

3.000 €

- €

Bevillinger i alt Bevillinger til

€ 16.678,6

€ 396,1

€ 1.068,6

€ 4,4

danske projekter

Bevillinger i alt, Aero

Bevillinger Danmark, Aero

Kilde: Data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. projekter med dansk deltagelse i EU’s 6. rammeprogram.

På området for luft og rumfart fik Danmark samlet bevilget 4,4 mio. euro for perioden. I forhold til det danske udbytte af FP6, hentede vi derfor relativt færre midler inden for rumforskning sammen- lignet med de øvrige prioritetsområder. Desværre er det ikke muligt at måle succesraten for den danske deltagelse, da tallene fra Europa-Kommissionen udelukkende indeholder oplysninger om bevilgede projekter.22

Figuren nedenfor viser, at Danmark sammenlagt modtog 2,4 % (omtrent 978 mio. euro) af midler- ne fra rammeprogrammet FP7. Omtrent 12,8 mio. euro af disse var hentet hjem til rumforskning. Danmarks succesrate for ansøgninger til rumrelaterede projekter lå væsentligt over succesraten for

22 Aero-området omfattede ikke kun rummet, men også luftfart.

de øvrige danske ansøgninger, 37 % i henhold til 23 %. Denne tendens var generel for deltager- landene; den gennemsnitlige succesrate på rumområdet var højere end den gennemsnitlige suc- cesrate for alle prioritetsområderne. Succesraten for alle deltagerlandene på rumområdet var 32

%, hvilket var 5 procentpoint lavere end Danmarks. Danmarks succesrate på rumområdet var altså højere end andre deltagerlandes og var højere end Danmarks øvrige succesrater.

**Figur 12. FP7, samlede bevillinger og succesrater**

50.000 € € 41.662,0

**Mio. euro**

40.000 €

30.000 €

20.000 €

23%

37%

19%

Succesrate, Danmark

32%

100,00%

80,00%

60,00%

40,00%

10.000 €

- €

Bevillinger i alt

€ 978,2 € 696,7€ 12,8

20,00%

0,00%

Succesrate for alle prioritetsområder

Succesrate alle deltagerlannde, Rummet

Kilde: Data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. projekter med dansk deltagelse i EU’s 7. rammeprogram.

Bevillinger til danske projekter

Bevillinger i alt, Rummmet

Bevillinger Danmark, Rummet

Succesrate, Danmark Rummet

* + 1. **Horizon 2020**

Danmark havde ved udgangen af 2015 hentet 299,6 mio. euro fra Horizon 2020, hvilket svarer til 2,57 % af de uddelte midler fra programmet. Det danske hjemtag fra Horizon 2020 på rumområdet udgjorde ved udgangen af 2015 i alt 2,2, mio. euro, svarende til 0,98 % af de, på rumområdet, samlede uddelte midler fra programmet. Hjemtaget på rumområdet ligger således relativt lavere.

Ser vi nærmere på succesraten, lå denne ved udgangen af 2015 samlet set på 13,51 %, mens succesraten på rumfartsområdet udgjorde 16,34 %. Succesraten er dermed relativt højere på rum- området.

**Figur 13. Horizon 2020, samlede bevillinger og succesrater**

14.000 €

12.000 €

10.000 €

**Mio euro.**

8.000 €

6.000 €

4.000 €

2.000 €

- €

Bevillinger i alt

100,00%

80,00%

€ 11.639,9

14%

16%

13%

17%

€ 299,6

€ 227,8 € 2,2

60,00%

40,00%

20,00%

0,00%

Succesrate for alle prioritetsområder

Succesrate alle deltagerlande, Rumfart

Kilde: Data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. danske ansøgninger til Horizon 2020.

Bevillinger til danske projekter

Bevillinger i alt, Rumfart

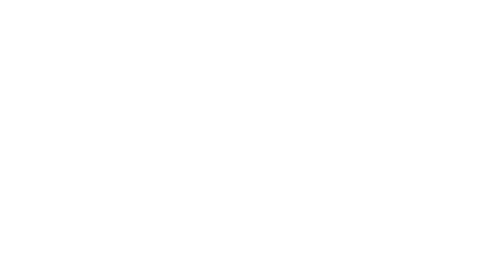
Bevillinger Danmark, Rumfart

Succesrate, Danmark

Succesrate, Danmark Rumfart

# SAMFUNDSØKONOMISKE GEVINSTER

Rummet gennemsyrer den moderne verden, og data fra satel- litter anvendes i dag i mange af samfundets sektorer, uden at de fleste tænker over det. Fra vejrudsigter til søredning, fra præcisionslandbrug til direkte tv og fra olieudvinding til navi- gation i bil og til fods er disse rumbaserede data bærende og ofte uundværlige.



**Der er få samfundsudfordringer, der kan løses af rummet alene, men samtidig få der kan løses godt og effektivt uden.**

*- Norsk langtidsplan for rummet 2010-2013*

Grundet den udbredte anvendelse af rummet, og den rolle rumbaserede data og produkter ofte spiller, er det meget van- skeligt at indsamle tilstrækkelig information til en fyldestgø- rende analyse af de samfundsøkonomiske gevinster ved rum- met. I mange tilfælde er gevinsterne af en sådan karakter, at

kvantificering er vanskelig, og monitesering umulig baseret på eksisterende viden. Som den norske langtidsplan for rummet anskueliggør, er der endvidere udfordringer forbundet med at værdian- sætte bidraget fra rummet til løsning af opgaver. Værdiansættelser af samfundets gevinster ved rummet er derfor ofte præget af mangel på data og følgelig risiko for at rummets reelle værdi un- derestimeres. Især de tilfælde, hvor livstidsgevinster ved rumprojekter søges beregnet før projek- tets afslutning, er udsatte for denne risiko, da mange anvendelser af rumdata og -produkter ligger uden for den ved projektets definition forventede anvendelsesmængde. I dette kapitel belyser vi samfundets gevinster ved rummet gennem forskellige perspektiver for at opnå den bredest mulige dækning.

Først placeres brug af rummet i de almindelige statistiske sektorer for at illustrere bredde, og der- næst rapporteres resultater fra internationale studier af jordobservation, meteorologi og navigation med konvertering til danske forhold baseret på indikative fordelingsnøgler. Afsnittet afsluttes med et mere detaljeret billede af brug af rummet i enkelte, væsentlige dele af samfundet.

## Rummets indflydelse på andre brancher

I 2010 udtalte Georgette Lalis, direktør for forbrugervarer og EU’s satellitnavigationsprogrammer i Kommissionens Generaldirektorat for Enterprise og Industri, at ”*Værdien af økonomiske aktiviteter der støttes af GNSS, er estimeret til 6 % til 7 % af EU’s samlede BNP – ca. 800 mia. euro. Og dette er et konservativt estimat.*”23

Som udtalelsen illustrerer, er værdien af rummets samfundsmæssige bidrag tidligere forsøgt esti- meret. Satellitnavigation (GNSS) tilskrives således betydning for mindst 6 % af EU’s samlede BNP i 2010. Dertil kan lægges de økonomiske aktiviteter, der støttes af jordobservation og satellitkom- munikation samt afsmittende virkninger af teknologi, der blev udviklet til rummet, men fandt an- vendelse på jorden.

Problemet med denne type udsagn er imidlertid, at analysen nemt kommer til at virke utroværdigt optimistisk. En gennemgang af bruttoværditilvæksten i 117 danske brancher i 2012 viser således, at de 28 brancher, der med meget stor sandsynlighed anvender GNSS i et vist omfang, producerer 23 % af Danmarks bruttonationalprodukt. Skønt GNSS er et (væsentligt) input i disse brancher, kan man ikke argumentere for, at GNSS alene har genereret i nærheden af denne værdi.

I stedet er det nyttigt at betragte de forskellige brancher i den danske økonomi og bringe eksem- pler på, hvordan rummet anvendes i de forskellige brancher. Tabellen nedenfor viser 22 statistiske sektorer med bruttoværditilvækst og korte eksempler på, hvordan rumdata og -produkter kan an- vendes.

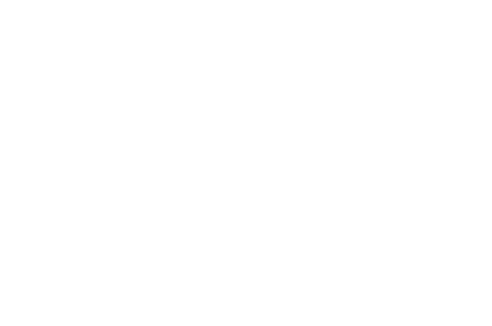
23 Se <http://www.gsa.europa.eu/news/support-egnos-and-galileo-crucial-europes-citizens>for mere information (tilgået 6. maj 2016).

**Tabel 6. Brug af rummet i statistiske sektorer**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Branche** | **Bruttoværditilvækst (mio. 2010-kr - 2014)** | **Eksempler på rumanvendelse** |
| **Landbrug, skovbrug og fiskeri** | 20,849 | Præcisionslandbrug anvender **JO** og **GNSS**, fiskere anvender GNSS til at finde tilbage til steder. |
| **Råstofindvinding** | 36,450 | **JO** til identifikation af naturligt olieudslip; **GNSS** til detaljerede undersø- gelse, forboringer og placering af boreplatforme; **satellitkommunikation** til undersøgelsesstadiet og til brug på platforme. |
| **Fremstilling** | 161,286 | *Begrænset anvendelse*, nogle virksomheder er en del af rumøkonomien |
| **Energiforsyning** | 25,383 | Gas- og elektricitetsnet synkroniseres vha. såkaldte Phasor Measurement Units (PMU), som kan bruge **GNSS** til at opnå præcis tidinformation fra satellitter. Denne viden bruges til at identificere kilden til ustabilitet. |
| **Vandforsyning og renova- tion** | 12,388 | Noiseloggers med **GNSS** anvendes på visse netværk. Kunne anvendes i Danmark. |
| **Bygge og anlæg** | 76,015 | **JO** kan anvendes til tidlig inspektion af byggegrunde eller bygninger der skal nedrives. **GNSS** bruges til at sikre, at bygninger placeres korrekt og **satellitkommunikation** kan bruges hvor bredbånds- og mobilnet ikke dækker endnu. |
| **Handel** | 177,450 | *Ingen anvendelse for en gros. For detailhandel begrænset til at kunder finder butikken (GNSS).* |
| **Transport** | 109,145 | **GNSS** til navigation, **JO** (via DMI) til planlægning og satellitter til **kom- munikation** på havene. |
| **Hoteller og restauranter** | 23,272 | *Begrænset til at gæster finder vej til stedet.* |
| **Forlag, tv og radio** | 22,634 | Direkte tv-transmission gennem **kommunikationssatellitter** samt leve- ring af satellit-tv. |
| **Telekommunikation** | 29,582 | **GNSS** til synkronisering af netværk (mobil, kobber, fiber) samt potentielt  **kommunikationssatellitter** til backhaul. |
| **It- og informationstjene- ster** | 33,840 | *Begrænset anvendelse,* ***GNSS*** *i apps.* |
| **Finansiering og forsikring** | 90,726 | **GNSS** tid anvendes til at registrere det præcise transaktionstidspunkt. Bruges af banker, investeringsfirmaer, børser samt i pengeautomater. **JO** til evaluering af skader, og GNSS forebyggelse ved tracking. |
| **Fast ejendom** | 155,376 | *GNSS anvendes til fastlæggelse af ejendomsgrænser* |
| **Liberale, videnskabelige og tekniske tjenesteydel- ser** | 84,511 | *Begrænset anvendelse* |
| **Rejsebureauer, rengøring og anden operationel service** | 50,617 | *Anvendelse begrænset til medarbejdernavigation og -monitorering samt tracking af udlejet materiel.* |
| **Offentlig administration, forsvar og politi** | 91,332 | Forsvaret anvender **JO** blandt andet til suverænitetshævdelse. **GNSS** anvendes af beredskabet. Galileos PRS er evidens for nødvendigheden af GNSS for det offentlige. |
| **Undervisning** | 102,874 | *Begrænset brug uden for fysik/astronomi* |
| **Sundhedsvæsen** | 75,347 | Væsentlig anvendelse af **ISS** til eksperimenter i mikrotyngdekraft. |
| **Sociale institutioner** | 96,596 | **GNSS** bruges til overvågning af demente |
| **Kultur og fritid** | 23,715 | *Begrænset anvendelse* |
| **Andre serviceydelser** | 30,892 | *Begrænset anvendelse* |

Kilde: Statistikbanken og London Economics.

* 1. **Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet** Investeringer i rummet, navnlig Apollo-programmet, bliver ofte fremhævet som særdeles gode investeringer med store afkast. Uheldigvis er der begrænset evidens for disse udsagn, og inve- steringsbeslutninger træffes derfor ofte på basis af anekdoter i stedet for konkrete data. Dette afsnit giver indblik i resultater- ne fra en omfattende litteraturgennemgang af eksisterende evidens og sammenfatter derudover eksisterende viden om de samfundsøkonomiske gevinster ved brug af tre typer af rumap- plikationer; jordobservation, meteorologi og navigation.



**… Apollo-programmet leverede ”det bedste investeringsafkast siden Leonardo da Vinci købte en tegneblok.”**

*- Præsident George H. W. Bush (senior)1*

Til sammenfatningen af eksisterende viden er det nyttigt at definere en model, således at alle aspekter afdækkes. I figuren nedenfor vises den model, der ligger til grund for denne analyses afdækning af de samfundsøkonomiske gevinster ved rummet.

**Figur 14. Teoretisk model til evaluering af samfundsøkonomiske gevinster**



Samfundsøkonomiske gevinster

**Udvikling**

**Operativ**

**Eftermæle**

**IA**

**DIREKTE:** Kontraktopfyldelse

*Hovedleverandører (profit), Ansatte (løn)*

**RING:** Kontrakt-genereret salg

*Hovedleverandører (profit), Ansatte (løn)*

**RING+:** Yderligere genereret salg

*Hovedleverandører (profit), Ansatte (løn)*

**Privat**

**INDIREKTE:** Produktionsinput

*Underleverandører (profit), Ansatte (løn)*

**INDIREKTE:** Produktionsinput

*Underleverandører (profit), Ansatte (løn)*

**INDIREKTE:** Produktionsinput

*Underleverandører (profit), Ansatte (løn)*

**IA(kr )**

**e**

**IGANGSAT:** Medarbejderindkøb

*Detailhandel (profit), Ansatte (løn)*

**IGANGSAT:** Medarbejderindkøb

*Detailhandel (profit), Ansatte (løn)*

**IGANGSAT:** Medarbejderindkøb

*Detailhandel (profit), Ansatte (løn)*

**Markedsafsmitning Markedsafsmitning**

(Gevinster ved kommercialisering & brug) (Kommercielt paradigme & samfundsudvikling)

*Brugere (produktivitet), Samfund (velfærd) Brugere (produktivitet), Samfund (velfærd)*

**Afsmittende**

**virkning**

**Vidensafsmitning**

(Teknologioverførsel: rum og ikke-rum)

*Brugere, Ansatte (produktivitet)*

**Vidensafsmitning**

(Teknologioverførsel: rum og ikke-rum)

*Brugere, Ansatte (produktivitet)*

**Vidensafsmitning**

(Teknologioverførsel: rum og ikke-rum)

*Brugere, Ansatte (produktivitet)*

**IA(kro)**

**Netværksafsmitning**

(Kritisk masse og netværkseffekter)

*Teknologibrugere, generelle brugere*

**Netværksafsmitning**

(Kritisk masse og netværkseffekter)

*Teknologibrugere, generelle brugere*

**Netværksafsmitning**

(Kritisk masse og netværkseffekter)

*Teknologibrugere, generelle brugere*

**Samfund**

**IA(krs)**

Copyright © 2016 London Economics

**∑(Privat) + ∑(Afsmittende virkning)**

**∑(Privat) + ∑(Afsmittende virkning)**

**∑(Privat) + ∑(Afsmittende virkning)**



kr.

kro kre

krs

**Rumprojekt**

Administrations- omkostninger

**Erhvervsliv**

**Offentlige (fx ESA)**

Note: Ring læses ”Ringvirkninger” og Ring+ læses ”*yderligere* ringvirkninger”.

Modellen er organiseret efter projektfase (vandret) og gevinstnyder (lodret). Yderste højre søjle sammenfatter investeringsafkastet ved projektet (IA) for både private gevinster og afsmittende gevinster. Modellen starter i øverste venstre hjørne, hvor Danmarks stat og erhvervsliv investerer i et rumprojekt, eksempelvis igennem ESA.

Modellen indeholder tre faser af et rumprojekt, nemlig **udviklingsfasen**, hvor en hovedleverandør har en kontrakt på plads til udvikling af et rumprojekt, og evt. brugerproduktionsinputs fra under-

leverandører. **Den operative fase** er, mens et rumprojekt er i funktion og leverer data. **Eftermæ- let** indtræder, når projektet har udtjent sin operative fase (eksempelvis en satellit der løber tør for brændstof).

**Private gevinster** i udviklingsfasen omhandler udelukkende opfyldelse af hovedkontrakten (direk- te omsætning), hvor hovedleverandøren tjener profit og betaler løn til ansatte. Løn og profit an- vendes som erstatning for det mere passende (men vanskeligere tilgængelige) **bruttoværditil- vækst (BVT)**. I den **operative** fase betragtes ringvirkningsomsætning ved rumkontrakten, hvor operation af en satellit, for eksempel, kan forventes at generere kommerciel omsætning for virk- somheden. I **eftermælefasen** betragtes *yderligere* ringvirkningsomsætning, som refererer til leve- randørens mulighed for at sælge data og kompetencer, som er blevet erhvervet i de tidligere faser. Spinoff-virksomheder, der startes for at kommercialisere viden erhvervet gennem rumprojekter, klassificeres typisk i eftermælefasen.

**Indirekte gevinster** i alle faser relaterer til underleverandører, som forventes at generere BVT ved opfyldelse af underkontrakter relateret til rumprojektet (kontrakt, ringvirkninger, *yderligere* ringvirkninger). Baseret på økonomisk teori om input-output-analyse er det også muligt at beregne medarbejderes indkøb (hoved- og underleverandører), som **igangsættes** af kontrakten. Disse yderligere indkøb genererer profit og beskæftiger medarbejdere i detailhandlen og servicesektorer.

**Afsmittende virkninger** omfatter tre klasser. **Markedsafsmitning** med to underkategorier, nemlig **forbrugeroverskud**, hvor en kunde er i stand til at købe adgang til data til en pris, der er lavere end kunden er villig til at betale; og **producentoverskud**, hvor en producent er i stand til at sælge en vare til en højere pris, end producenten ville acceptere. **Vidensafsmitning** omfatter en situation, hvor den viden, der dannes i et rumprojekt, kan anvendes i en anden kontekst af en økonomisk agent, som ikke har været involveret i at skabe den og ikke har betalt den fulde pris for den. **Netværksafsmitning** indtræffer, når den udviklede teknologi eksempelvis tillader bedre an- vendelse af transportnetværk og anden infrastruktur, til gavn for alle borgere. **Netværksafsmit- ning** omfatter desuden eksternaliteter vedrørende miljøet, sundhed og undgåede dødsfald.

Private gevinster24 er ofte fokus i analyser af ESA-medlemskab eller rumprogrammer generelt (så- ledes nævner OECD’s *The Space Economy at a Glance 2014* resultater fra Belgien, Danmark,25 Ir- land, Norge, Portugal og Storbritannien). Denne rapport søger at værdiansætte de **afsmittende effekter** ved rummet i forlængelse af de direkte, private gevinster præsenteret i afsnit [3.4.3](#_bookmark20). De følgende afsnit fokuserer derfor primært på den nederste del af [Figur 14](#_bookmark27).

* + 1. **Litteraturgennemgang af afkastet ved offentlige ruminvesteringer**

I et nyligt forskningsprojekt for UK Space Agency26 analyserede London Economics den relevante litteratur om afkastet ved offentlige ruminvesteringer for at bestemme, om der er basis for at an- tage, at ruminvesteringer er forskellige fra andre investeringer i videnskab og forskning. Litteratur- gennemgangen omfattede 57 relevante artikler med globalt fokus over perioden 1961 til 2015 ud af de i alt 510 artikler, der initialt blev vurderet for relevans. Projektets terminologi er enslydende med den anven[dt i Figur 14](#_bookmark27).

Analysen fokuserede på at finde evidens for **afkastet** ved offentlige ruminvesteringer opdelt på **direkte effekter** (dvs. hvor den *investerende* organisation nyder gevinsterne) og **afsmittende effekter** (hvor andre organisationer har gevinsterne, herunder samfundsøkonomiske gevinster) i tilfælde af anden investering end den offentlige (såkaldt **løftet indskud**). Definitionen af investe-

24 Direkte, indirekte og igangsatte.

25 Rambøll Management (2008), *An Evaluation of Danish Industrial Activities in the European Space Agency (ESA): Assessment of the economic impacts of the Danish ESA membership*.

26 London Economics (2015) *Return from Public Space Investments: An initial analysis of evidence – November 2015*, tilgængelig her:

<http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/return-from-public-space-investments-an-initial-analysis-of-evidence-november-2015/>

ringsafkast følger den britiske stats ønske og beregnes som **netto nutidsværdi/offentlig bevil- ling**, som resulterer i en beregning af afkastet ved 1 britisk pund investeret.

At ruminvesteringer er forskellige fra andre investeringer i videnskab og forskning, er en almindelig hypotese, og de fleste mener at have kendskab til væsentlig teknologi udviklet af NASA gennem Apollo-programmet.27 Der er ikke desto mindre mange aspekter, der støtter hypotesen:

Rumindustrien:

* + - * Meget **forskning og udviklings**tung
      * **Højtuddannede** medarbejdere
      * Høj **eksportintensitet**
      * Høj **vækst** (globalt).

Den øvrige rumøkonomi:

* + - * Rummet **favner bredt** og er en **nødvendig kilde** til mange hverdagstjenester
      * Rumøkonomien er **repræsenteret i hele landet**
      * Rummet kan fange befolkningens **fantasi** og **inspirere** til en karriere inden for **naturviden- skab.**

Rumvidenskab og -teknologi:

* + - * Ruminvesteringer giver adgang at **teste materiale** i svære miljøer (ISS, satellitter)
      * Rummet er den **yderste grænse** af det teknologisk mulige, hvilket betyder, at isenkram der fungerer i rummet, **nødvendigvis** kan fungere på jorden.

Analysen af litteraturen på området har vist sig at have visse begrænsninger. Generelt er det en hæmsko, at de 57 artikler ikke følger en standardiseret evalueringsmodel, med det resultat at de 57 artikler fremstår som en samling af specifikke eksempler, hvor det er vanskeligt at uddrage tværgående resultater. Resultaterne, der præsenteres nedenfor, er derfor præget af usikkerhed for så vidt angår definitioner, metode og gevinstkategorier på tværs af artikler og repræsenterer i ste- det London Economics’ samlede analyse, som også gjorde brug af konsultation med interessenter fra industrien, offentlige myndigheder og forskersegmentet.

Generelt behandlede meget få artikler de afledte effekter, så der var ikke evidens for at antage, at rummet adskiller sig fra øvrige investeringer i videnskab og teknologi, og derfor benyttes et esti- mat fra en omfattende gennemgang af afkastet ved investering i videnskab og innovation. Resulta- ter er at de afsmittende effekter er to til tre gange højere end direkte effekter.28

**Tabel 7. Resultater af litteraturgennemgang**

|  |  |
| --- | --- |
| **Område** | **Resultat** |
| **ESA-medlemskab** | Generelt fokuserede disse artikler alene på direkte, industrielle gevinster ved ESA- medlemskab med meget begrænsede oplysninger om afsmittende effekter. Efter justering af forskellige metoder i de forskellige artikler viser analysen, at det direkte afkast fra ESA-medlemskab er ca. **3-4 kroner pr. krone** offentlig investering – ikke langt fra Rambølls resultat fra 2008,29 som viser afkast på 3,7-5,4 under for- skellige scenarier. **Afsmittende effekter** kan, under ovenstående antagelse, såle- des vurderes til **6-12 kroner pr. krone** investeret. |

27 Teflon og Velcro nævnes ofte i denne sammenhæng, og skønt teknologierne teknisk set ikke blev udviklet til Apollo, er det korrekt, at de blev brugt og forædlet således at de kunne finde bedre og mere anvendelse på Jorden.

28 Frontier Economics (2014) *Rates of return to investment in science and innovation.*

29 Rambøll Management (2008), *An Evaluation of Danish Industrial Activities in the European Space Agency (ESA): Assessment of the economic impacts of the Danish ESA membership*.

|  |  |
| --- | --- |
| **Område** | **Resultat** |
| **Jordobservation** (inklusive, men ikke kun Copernicus og meteoro- logiske satellitter) | Den empiriske evidens for afkastet ved investering i jordobservation er beregnet til **2-4 kroner pr. investeret krone**, men som gjorde sig gældende for ESA- investeringer, er dette også næsten udelukkende direkte effekter. Som afsnit [4.2.2](#_bookmark29) viser, er de afsmittende effekter store, og det er derfor med stor sandsynlighed et underestimat at bruge de generelle værdier til at nå frem til afsmittende effekter på **4-12 kroner pr. krone**. |
| **Satellitkommunikation** | Studierne af satellitkommunikation udviser betydelig varians i estimatet af det di- rekte afkast ved offentlige investeringer. Dette skyldes blandt andet, at den løftede investering fra den private sektor er betydelig, og at operatørerne er gode til at få betaling for tjenesten. Den direkte effekt er beregnet til **6-7 kroner pr. krone offentlig investering**. På trods af den høje grad af kommercialisering vil der sta- dig være afsmittende effekter, men det er rimeligt at reducere den generelle koeffi- cient til 1-2 (fra 2-3). Det resulterende afsmittende afkast er således **6-14 kroner pr. krone offentlig investering**. |
| **Navigation**  (inklusive, men ikke kun Galileo) | Litteraturen viser, at offentlige investeringer i navigation giver et afkast på **4-5 kroner pr. krone offentlig investering**. Fordi navigation er betalt af offentlige midler (blandt andet fordi det er et offentligt gode) har hidtidige evalueringer af navigation inkluderet visse afsmittende effekter. Som ses i afsnit [4.2.4](#_bookmark31) er det imid- lertid ikke alle afsmittende effekter, der er inkluderet. Den generelle koefficient reduceres derfor til 1-2 (fra 2-3), og de afsmittende afkast beregnes til **4-10 kro- ner pr. krone offentlig investering**. |

Kilde: London Economics (2015) *Return from Public Space Investments: An initial analysis of evidence*, tilgængelig her: [http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/return-from-public-space-investments-an-initial-analysis-of-evidence-november-2015/.](http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/return-from-public-space-investments-an-initial-analysis-of-evidence-november-2015/)

Ud over de [i tabel 7](#_bookmark28) viste resultater om afkast fandt litteraturgennemgangen også, at afkastet ved rumprogrammer (navnlig ESA-medlemskab) vokser i takt med varigheden af programmet. Yderli- gere underresultater af analysen viser:

* **Signifikante ikke-kvantificerede gevinster** nævnes i næsten alle artikler.
* **Ventetiden mellem investeringen og begyndelsen af gevinster varierer** fra program til program: Grundforskning og udforskning > Infrastrukturkonstruktion > Nærmarkeds innovati- on af eksisterende teknologier,
* **Forskellige gevinsttyper (direkte, afsmittende) høstes på forskellige stadier**, relateret til programfasen (udvikling, operativ, eftermæle),
* **Eftermælegevinster for rum-FoU-programmer er langt større end gennemsnittet for videnskab og innovation**. Disse optræder i form af vedholdende afsmittende gevinster gen- nem teknologioverførsel, spinoff og innovation af eksisterende teknologier.

Litteraturen om den samfundsøkonomiske effekt af videnskabelige rummissioner er begrænset, og dækker primært analyser af NASA-missioner, som ikke kan sammenlignes med danske missioner.30 Videnskabelige missioner har lange eftermælefaser, fordi den udviklede teknologi i visse tilfælde tager lang tid om at manifestere sig i det bredere samfund, der er således betydelig risiko for at investeringsafkastet underestimeres, fordi væsentlige vidensafsmittende effekter udelades, sim- pelthen fordi de endnu ikke er realiseret. Uden detailstudie af enkelte missioner er det derfor ikke muligt at præsentere troværdige, generelle estimater for investeringsafkastet ved videnskabelige missioner, som eksempelvis Københavns Universitets Mars missioner.

30 Technopolis Group (2010) *Summary Report – Space Exploration and Innovation, Space Policy and Coordination Unit* har således bereg- net, at afkastet ved NASA’s rumforskningsmissioner er 12 gange større end for tilsvarende missioner i ESA-regi, hvilket formodentlig skyldes, at NASA’s investeringer generelt har været større end ESA’s samt NASA’s større globale varemærke, som kan gøre, at flere virksomheder får kendskab til teknologier og dermed hjælpe med kommercialisering deraf.

* + 1. **Jordobservation**

EU's jordobservationsprogram, Copernicus (tidligere GMES – Global Monitoring for Environment and Security), blev grundlagt ved Bavano Manifestet i 1998. Programmet består af tre domæner,

1. rummet, 2) *in situ* og 3) servicedomænet.

Rumdomænet hører under ESA og EUMETSAT og kommer til at bestå af syv satellitmissioner med i alt 13 sentineller.31 Indtil videre er fire satellitter i kredsløb. *In situ*-domænet koordineres af det Europæiske Miljøagentur (EEA – baseret i København) og er baseret på observationer fra jorden. Disse observationer bruges til at supplere og kalibrere satellitdata samt øge værdien og brugbar- heden af Copernicus’ data. Servicedomænet koordineres af Europa-Kommissionen gennem aftaler med ECMWF32, Mercator Ocean, EEA, JRC33, SatCen34,Frontex og EMSA35. Dets primære formål er at transformere rå data til brugbar information og give brugere mulighed for at sammenligne og gen- nemsøge observationer over mange år(tier). Copernicus tilbyder følgende seks specifikke tjenester:

* + Atmosfærisk overvågning
  + Havmiljøovervågning
  + Landovervågning
  + Klimaforandringer
  + Styring i nødsituationer
  + Sikkerhed.

De samfundsøkonomiske gevinster ved jordobservation generelt og specielt Copernicus skabes primært i form af **afsmittende effekter**. DMI, DHI, DTU m.fl. har vundet ESA-kontrakter i forbin- delse med tilblivelsen og udnyttelsen af GMES/Copernicus, men hovedparten af gevinsterne skal findes i andre instanser.

Fordelen ved jordobservation (JO) er, at informationsgabet lukkes, samt at strategiske og politiske gevinster i form af forbedringer af ekstern politikudvikling og internationalt samarbejde kan realise- res. Med andre ord, uden jordobservation er det meget bekosteligt at indsamle megen information, og resultaterne bliver derfor meget usikre, så den politik der vedtages på baggrund af disse data, er ikke nødvendigvis den bedste. Konkret kan nævnes overvågning af Brasiliens regnskov, hvor satellitbaseret overvågning krediteres for 60 % af faldet i ulovlig træfældning, fordi de brasilianske myndigheder er i stand til at reagere på ulovlig træfældning og pågribe gerningsmænd hurtigere.36 Fra den klimamæssige vinkel giver satellitovervågning af regnskove bedre mulighed for at beregne, hvor megen CO2 der absorberes, og dermed øge præcisionen i de anvendte modeller.

Derudover giver data mulighed for bedre overvågning af, hvordan landområder anvendes, og bi- drager til højere fødevaresikkerhed og bedre fødevareplanlægning. Inden for natur og råstoffer giver JO tilstrækkelig information til definition af aktioner, der forbedrer bevaring og styring, her- under aktioner og overvågning inden for landbrug, skovbrug, fiskeri, økosystemer og biodiversitet.

JO er også en effektiv måde at kontrollere grænser og giver adgang til store mængder information, der kan anvendes til hævdelse af suverænitet. Med viden om faktisk brug af landet er det endvide-

31 Det angivne antal af Sentinel satellitter knytter sig til indeværende budgetperiode (2014-2020). Budgettet for næste fase af Copernicus (programperiode 2021-2027) er godkendt og der er allerede indgået kontrakter med satellitproducenter om at bygge de Sentineller, der skal sikre programmets fortsættelse efter indeværende programperiode. Der er bl.a. indgået kontrakt om at bygge Sentinel 1C og 1D, som vil sikre kontinuiteten af denne mission frem til 2030. Samlet set vil Copernicus-programmet derfor omfatte flere Sentineller end 13

32 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.

33 Joint Research Centre.

34 European Union Satellite Centre.

35 European Maritime Safety Agency.

36 Se <https://news.mongabay.com/2013/05/brazils-satellite-monitoring-reduced-amazon-deforestation-by-60000-sq-km-in-5-years/>for mere information. (tilgået 5. maj 2016).

re muligt at gennemføre mere effektiv by- og landplanlægning, og man kan også anvende JO til overvågning af luftkvalitet og implementere politik til forbedring af folkesundheden.

Endelig bruges JO til risikostyring, evidensindsamling og overvågning ved naturkatastrofer (eksem- pelvis gennem International Charter on Space & Major Disasters) og til sikring af befolkningen.

De samfundsøkonomiske gevinster af GMES/Copernicus er analyseret i forskellige rapporter på Europæisk niveau.37 De beregnede gevinster konverteres til danske forhold baseret på generelle koefficienter. Gevinsterne kategoriseres i tre grupper:

1. **Effektivisering af national politik**: Billigere implementering, håndhævelse og vurdering af politik på områder, hvor JO kan gøre en forskel.
2. **Europæisk og national politikudvikling**: Den højere informationskvalitet, der er til rådighed fra JO-satellitter, tillader bedre definitioner, fokus og effektivitet, når politik bliver udviklet. Ge- vinsterne bliver først rigtig relevante, når politik på EU-niveau gennemføres med vægtige input fra Copernicus.
3. **Global politikudvikling**: Koordineret tackling af globale udfordringer som klimaforandringer, hvor EU kan spille en større rolle grundet bedre datagrundlag fra Copernicus.

**Tabel 8. Samfundsøkonomiske gevinster ved Copernicus/GMES, EU og Danmark, (2011-2030), NV(2011)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kategori** | **EU**  **(mia. €)** | **Fordelingsnøgle, EU  DK** | **DK**  **andel** | **DK**  **(mio. DKK)** |
| **Effektiviseringsgevinster** | 3,4 | Det antages, at Danmarks andel af politik på områder hvor JO kan gøre en forskel, kan approksimeres ved BNP. | 1,9 % | 482 |
| **Politikudvikling, herunder** | 17,7 |  |  | 4.091 |
| **Luftkvalitet** | 5,1 | Det antages at landareal kan bruges som fordelingsnøgle | 1,0 % | 376 |
| **Maritim** | 4,4 | Eksklusiv Økonomisk Zone (EØZ) anvendes som fordelings- nøgle. Bemærk, at Rigsfællesskabets (EØZ) er større en kontinental-EU's. | 9,0 % | 2.951 |
| **Oversvømmelser** | 3,1 | Gevinster ved oversvømmelsesundgåelse fordeles ved 10 % af areal, da ingen af EU's alvorlige oversvømmelser mellem 2000 og 2010 ramte Danmark. | 0,1 % | 23 |
| **Konfliktløsning** | 2,7 | Jordobservationsgevinster til konfliktløsning approksimeres ved andel af EU's samlede forsvarsudgifter. | 1,4 % | 288 |
| **Humanitær bistand** | 1,1 | Budget til humanitære formål bruges som fordelingsnøgle. | 4,9 % | 397 |
| **Seismiske applikationer** | 0,6 | Der forventes ingen nævneværdige gevinster fra seismiske applikationer vha. JO i Danmark. | 0,0 % | 0 |
| **Skovbrande** | 0,3 | Andelen af EU's skovdække bruges som fordelingsnøgle. | 0,4 % | 9 |
| **’Anden’ risiko og sikkerhed** | 0,3 | BNP antages at være den bedste fordelingsnøgle for gevin- ster inden for ’andre’ risiko- og sikkerhedsaktiviteter. | 1,9 % | 44 |
| **Skoves økosystemer (EU)** | 0,1 | Andelen af EU's skovdække bruges som fordelingsnøgle. | 0,4 % | 2 |
| **Global politikudvikling, herunder** | 21,0 |  |  | 2.985 |
| **Klimaforandringer (tilpasning)** | 17,0 | Danmarks andel af gevinster som følge af bedre information på EU-niveau til tackling af globale udfordringer antages at kunne approksimeres ved BNP. | 1,9 % | 2.418 |
| **Skovrydning** | 3,0 | 1,9 % | 429 |
| **Ørkenspredning** | 0,7 | 1,9 % | 106 |
| **Skovrydning – økosystem** | 0,2 | 1,9 % | 32 |
| **Resterende værdi efter 2030 (ikke vurderet)** | 125,0 | Restværdi efter 2030 tilskrives ikke Danmark. | - | - |
| **TOTAL (2011-2030)** | **167,1** |  | **-** | **7.558** |

37 PwC (2006) *Main Report Socio-Economic Benefits Analysis of GMES*. ESA Contract 18868/05; booz&co. (2011) Cost-Benefit Analysis of GMES, European Commission: Directorate-General for Enterprise & Industry; og European Space Policy Institute (2011) The Socio- Economic Benefits of GMES.

Kilde: PWC (2006) *Executive Summary: Socio-Economic Benefits Analysis of GMES*, konverteret fra 2005€ til 2011€ i European Space Policy Institute (2011) *The Socio-Economic Benefits of GMES – A Synthesis Derived from a Comprehensive Analysis of Previous Results, Focusing on Disaster Management* samt Eurostat, European Defence Agency, Forsvarsministeriet, OECD.

Bemærk: Værdien af JO-gevinster er specielt svær at kvantificere og oversætte til økonomisk værdi. Skønt nogle gevinster kan kvantificeres og bidrager til den estimerede værdi, er mange andre meget svære at vurdere, og de er derfor ikke kvantificerede.

Konverteringen til danske værdier er baseret på et subjektivt skøn af den bedste fordelingsnøgle for hver gevinsttype. I alle tilfælde kan der argumenteres for, at andre nøgler måske er bedre, og resultatet er derfor meget usikkert. Gevinster ved JO (og rummet i det hele taget) er svære at vurdere og kvantificere over længere tid, fordi gevinsterne er begrænsede af forfatterens fantasi om brug af data og tjenester, som ikke rækker lige så vidt som kommercielle virksomheder og brugeres. Det er således sandsynligt, at kommercielle gevinster, som ikke indgår i analysen, vil blive realiseret i løbet af perioden. Den største enkelte gevinsttype for Danmark er de maritime aspekter, som blandt andet dækker oprensning af olieudslip og derfor baseres på Danmarks hav- areal (EØZ). Hvis de polare ruter åbnes yderligere og derved tillader transport i Arktis, er det me- get sandsynligt, at de fordele Danmark kan drage af satellitbaseret overvågning vil stige markant sammenlignet med [tabel 8](#_bookmark30). European Space Policy Institute (2011) beretter, at hvis man betragter et dynamisk system, hvor der tages højde for forholdet mellem miljø-, økonomiske og sociale øko- systemer foruden de eksisterende anvendelser af JO, vil gevinsterne vokse med en faktor på 2,9. Med det resultat in mente kan værdierne i [tabel 8](#_bookmark30) betragtes som konservative estimater.

Danmarks bevilligede bidrag til Copernicus i perioden 2014-2020 er beregnet til ca. 92 mio. DKK pr. år i løbende priser. Hvis det antages, at dette bidrag fortsætter til 2030 vil nutidsværdien af Danmarks bidrag til GMES/Copernicus beløbe sig til omkring **1,1 mia. DKK38** Med disse antagelser og beregninger har Copernicus været en god investering for Danmark.

* + 1. **EUMETSAT**

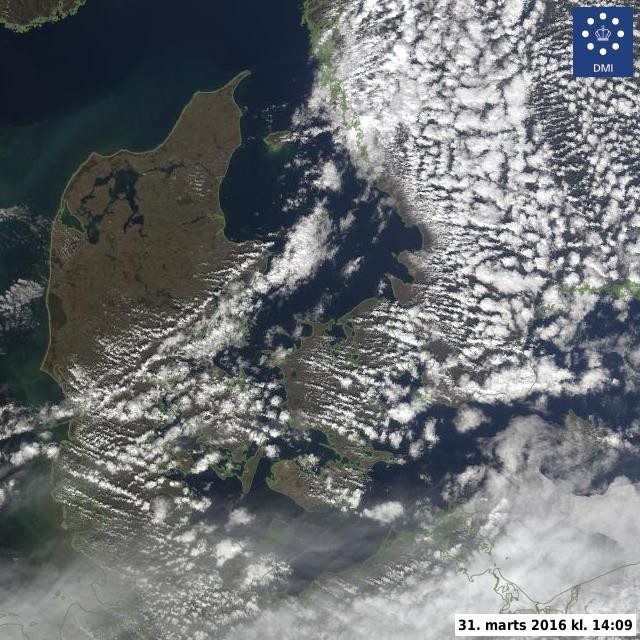
EUMETSAT39 er en overstatslig organisation, som blev grundlagt i 1986 med det formål at levere vejr- og klimarelaterede satellitdata, -billeder og

-produkter døgnet rundt.40 Danmark var med til at grundlægge EUMETSAT sammen med 13 an- dre lande. EUMETSAT kontrollerer syv satellitter i tre forskellige kredsløb og nedtager data gen- nem seks jordstationer, hvoraf en er i Kanger- lussuaq (Søndre Strømfjord, Grønland) og drives i samarbejde med DMI.

Gennem EUMETSAT har medlemslandene ad- gang til egne observationer, men har også ad- gang til data fra NOAA’s41 satellitter gennem en aftale om gensidig brug.

DMI driver foruden den danske vejrmeldingstje- neste også en såkaldt Satellite Application Facili- ty om Radio-Okkultations Meteorologi, hvor

**Figur 15. Danmark fra en vejrsatellit**



Kilde: DMI, fra den amerikanske Suomi NPP satellit

38 Nutidsværdi 2011, med 4 % diskontering i henhold til Europa-Kommissionens Impact Assessment-vejledning. Det antages, at væksten i BNP-deflatoren 2010-2014 fortsætter til 2030. Dækker kun Danmarks bidrag til Copernicus gennem EU, dvs. udgifter afholdt af ESA’s budget i programmets tidlige år er ikke behandlet.

39 European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites.

40 EUMETSAT, We are the European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT). Tilgængelig her: <http://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/WhoWeAre/index.html>(tilgået 18. april 2016)

41 USA’s National Oceanic and Atmospheric Administration.

GNSS-signaler anvendes til at bestemme atmosfærens temperatur og luftfugtighed.42

Vejrudsigters nøjagtighed før og efter adgangen til satellitdata er svære at sammenligne, men der er næppe tvivl om, nøjagtigheden er steget markant. Det britiske MET Office har beregnet, at 64 % af den samlede reduktion af den kortsigtede usikkerhed på vejrudsigter kan tilskrives de satellitob- servationsdata, der indgår i analysen, mens de øvrige observationsdata stammer fra andre kilder. EUMETSAT antager, at observationsdatas bidrag til nøjagtigheden er 50 %, mens resten tilskrives beregningsalgoritmer og metoder til dataanalyse.43 Tilsammen kan satellitter således tilskrives

32 % af nøjagtigheden af vejrudsigter. Dette betragtes som et konservativt estimat.44 De sam- fundsøkonomiske gevinster ved vejrmeldinger skabes primært i form af afsmittende virkninger. Nogle af disse er kvantificeret i tabellen nedenfor:

**Tabel 9. Samfundsøkonomiske gevinster ved EUMETSAT (2015)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kategori (2015)** | **Værdi (mio. £)** | **Antagelse, fordelingsnøgle** | **Rumværdi DK (mio. DKK)** |
| Værdi af gratis vejrmeldinger for befolkningen (WTP\*) | 445,1 | Samme værdi pr. borger som i Storbritannien. Det antages, at det mere ekstreme vejr i Storbritanni- en45 opvejer den store danske interesse for vejret. | 119,3 |
| Oversvømmelsesskader undgået pga. tidlige varsler | 68,2 | 20 % af UK-værdi pr. borger grundet færre over- svømmelseshændelser i Danmark46 | 3,7 |
| Stormskader undgået pga. tidlige varsler | 55,7 | Samme værdi pr. borger som i Storbritannien | 14,9 |
| Reduceret flyvetid og lavere vejrrela- terede lufthavnsomkostninger | 820,1 | Samme værdi pr. flyafgang og -ankomst | 256,8 |
| Øvrig markedsøkonomi – produktivi- tetsgevinster | 922,2 | Samme andel af BNP | 292,6 |
| Vintertrafik – reducerede omkostnin- ger pga. færre ulykker | 128,7 | 50 % af værdien pr. køretøj grundet generelt bedre vinterforberedelse i Danmark | 15,0 |
| Beredskab – sundhedseffekter af vejrvarsler | 13,6 | 50 % af værdien pr. borger grundet mindre vejrva- rians i Danmark | 3,6 |
| **Total (2015)** |  |  | **706,0** |

Note: \*WTP: Willingness-To-Pay.

Kilde: London Economics (2015) *MET Office General Review,* Eurostat, European Severe Weather Database samt Eurocontrol STATFOR.

Bemærk, at fordelingsnøglerne mellem britiske og danske forhold pr. definition er subjektive, og at andre metoder kan tænkes for dem alle. Danmarks prisniveau er eksempelvis 15,7 % højere end Storbritanniens,47 så der kan eventuelt argumenteres for, at danskerne vil være villige til at betale mere for vejrudsigter. Modsat er befolkningstætheden i Storbritannien cirka dobbelt så høj som i Danmark, så hvis oversvømmelser rammer, er der et mindre areal med landbrugsjord vandet kan ledes til, og skaderne vil derfor være mere omfattende. Generelt er fordelingsnøglerne sat konser- vativt for at undgå opblæste tal.48 Selv hvis fordelingsnøglerne skulle vise sig at være højt sat, er

42 Se mere i Aktuel Naturvidenskab (2011) *Meteorologi med GPS-signaler*, tilgængelig her: <http://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/2011-nyheder/December/an6_11gps.pdf>(tilgået 18, april 2016).

43 London Economics (2015) *MET Office General Review*, tilgængelig her: [http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/met-office-](http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/met-office-general-review-march-2016/)

[general-review-march-2016/.](http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/met-office-general-review-march-2016/)

44 Konsultation med DMI.

45 Ifølge European Severe Weather Database har der været 585 ekstreme vejrhændelser i Danmark mellem 2000 og 2015 mod 2.016 i Storbritannien. Se <http://www.eswd.eu/>for mere information.

46 Storbritannien har aktiveret International Charter on Space & Major Disasters syv gange på grund af oversvømmelse inden for de

sidste 10 år. Danmark har ikke aktiveret det overhovedet.

47 Eurostat.

48 EUMETSAT (2014). ‘The Case for EPS/Metop Second Generation: Cost Benefit Analysis’. Tilgængelig her: <http://www.wmo.int/pages/prog/sat/meetings/documents/PSTG-3_Doc_11-04_MetOP-SG.pdf>(tilgået 18. april 2016).

der næppe tvivl om, at Danmarks medlemskab af EUMETSAT og satellitbaserede vejrudsigter ska- ber afsmittende effekter, der langt overstiger de ca. 55 mio. DKK der er bevilget på finansloven for 2016.

* + 1. **Navigation**

Et Globalt Navigationssatellitsystem (GNSS) er en konstellation af satellitter (24-30) i medium Earth Orbit. Satellitterne er udstyrede med meget præcise atomure og udsender et konstant signal, der indeholder satellittens ID og klokkeslæt. Brugerenheder på jorden kan beregne tredimensionel position ved adgang til signaler fra fire satellitter. Nøjagtigheden af positionsberegningen falder kraftigt, hvis signalet er udsat for multipath, hvor det er blevet reflekteret af bygninger eller andre forhindringer eller møder forstyrrelser i ionosfæren mellem satellitten og brugerenheden. I 2016 er der to komplette GNSS; det amerikanske GPS og det russiske GLONASS, og derudover udvikles Galileo af EU, og BeiDou udrulles til global dækning af Kina.

Til GNSS-familien hører desuden satellitbaserede augmenteringstjenester (SBAS), der giver mulig- hed for at korrigere den forstyrrelse, alle GNSS-signaler møder i atmosfæren på rejsen mellem satellit og modtager. Forstyrrelserne varierer afhængig af mange faktorer, herunder vejr- og sol- vejrsforhold. Systemet baseres på observationer på jorden, hvor en fastmonteret GNSS-modtager beregner sin position og sammenligner med den kendte, faktiske position. Forskellen mellem ob- serveret og faktisk position deles via isenkram på kommunikationssatellitter i geostationært kreds- løb med alle brugere i nærområdet, som er udsat for tilsvarende forstyrrelser.

EU, USA og Japan har fuldt udviklede SBAS, mens Indien er ved at udvikle sit eget. EU’s system, EGNOS, har været operationelt siden 2009 og dækker hele Europa. EGNOS blev oprindeligt udvik- let til luftfarten, men anvendes nu i mange forskellige sektorer, deriblandt landbruget. En af EGN- OS’ jordstationer er i Aalborg.49 Japans regionale system, QZSS50, adskiller sig fra SBAS ved at væ- re baseret på satellitter i et særligt kredsløb, der forbedrer adgangen til GNSS-signaler mellem de høje bygninger i japanske byer.

De åbne GNSS-tjenester er eksempler på det økonomer kalder **offentlige goder,** dvs. de opfylder to kriterier:

1. Økonomiske agenter kan ikke udelukkes fra brug (ikke-eksklusivt); og
   * Den billigste hardware, der kan dekodere GNSS-signalet, kan erhverves for ca. 1 euro. Danmarks Statistik51 beretter tillige, at ca. 55 % af danske familier havde adgang til et GPS- navigationsanlæg til bil, mens 73 % af de 16-64-årige brugte GPS-funktionen i deres mobil eller smartphone i 2014. Præsident Clintons beslutning om at slukke *selective availability52* i 2000 gjorde, at det civile, åbne GPS-signal blev ikke-eksklusivt.
2. En agents brug ændrer ikke en anden agents adgang til godet (ikke-rivaliseret).
   * Satellitterne er bygget til at udsende et signal. Fordi der er envejskommunikation fra satellit til bruger, er der ingen risiko for, at signalet degraderer.

At GNSS er et offentligt gode betyder imidlertid, at samfundsøkonomiske gevinster er svære at identificere og beregne, og ethvert forsøg vil formodentlig resultere i et underestimat, simpelthen fordi ikke alle innovative anvendelser af GNSS kendes. Gevinsterne ved GNSS findes i særdeles høj

49 Navipedia (2011) *EGNOS Ground Segment,* tilgængelig her: <http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_Ground_Segment>(tilgået 19. april 2016).

50 Quasi-Zenith Satellite System.

51 Danmarks Statistik (2015) *It-anvendelse i befolkningen.*

52 Selective availability tillod det amerikanske forsvar at forringe kvaliteten af det civile GPS-signal i konfliktzoner og derved have fordel af asymmetriske navigations- og positionstjenester. Selective availability er ikke muligt på GPS III-satellitterne.

grad i form af **afsmittende effekter**. Beslutningen om at slukke selective availability i 2000 var i høj grad influeret af de forventede produktivitetsgevinster og besparelser, den ville medføre.53

Samfundsøkonomiske gevinster ved GNSS kan estimeres i forhold til, hvem der opnår gevinsten (bruger eller samfund), og hvilken type gevinst der er tale om (tidsbesparing, produktivitetsgevin- ster, miljøeksternaliteter og reddede liv). Beregning af de samfundsøkonomiske gevinster ved GNSS er en omfattende øvelse og uden for rammerne af denne rapport. I stedet præsenteres i [tabel 10](#_bookmark32) en nylig amerikansk beregning af gevinsterne ved GPS,54 med de amerikanske tal justeret til danske forhold baseret på fordelingsnøglerne i tabellen. Grundet den betydelige usikkerhed ved konvertering til danske tal præsenteres kun midtpunktet af de amerikanske beregninger, som er konverteret til danske forhold. At tabellen viser et udsnit af GPS-gevinster (yderligere dimensioner er beskrevet i [tabel 12](#_bookmark46)) indikerer, at det samlede tal i alle tilfælde med rimelighed kan betragtes som en nedre grænse.

**Tabel 10. Samfundsøkonomiske gevinster ved GPS**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sektor (2013)** | **USA\***  **(mia. $)** | **Antagelse, fordelingsnøgle** | **USA  DK** | **DK**  **(mio. DKK)** |
| Præcisionsland- brug (korn) | 13.7 | Halvdelen af arealer med korndyrkning. Leveson betragter kun store landbrug med mindst 250 mio. $ i omsætning på korn. Meget få land- brug i Danmark kommer nær den omsætning. Ikke desto mindre bi- drager GNSS også på mindre danske landbrug. | 1,2 % | 1.050,9 |
| Bygge og Anlæg (maskinstyring) | 5 | Værdi af nybyggeri antages at kunne bruges som nøgle til fordeling af gevinster ved maskinstyring | 0,9 % | 279,9 |
| Landmåling | 11.6 | Antal landmålere er ikke tilgængelig for Danmark, så det antages at der er i Danmark er ca. 66 % af antallet af landmålere i Sverige, og det antages endvidere, at landmålere er en god fordelingsnøgle. | 2,3 % | 1.655,5 |
| Lufttransport | 0,145 | Antal flyafgange og -ankomster i USA og Danmark | 0,5 % | 4,3 |
| Søtransport (kort) | 0,185 | Størrelsen af havområdet i de såkaldte Eksklusive Økonomiske Zoner (EØZ). Det antages endvidere, at det er rimeligt at inddrage Grønland og Færøernes EØZ. | 42,0 % | 477,1 |
| Flådestyring | 11.9 | Samlet antal køretøjer | 1,1 % | 832,2 |
| Forbrugerelektro- nik til bilnavigation | 26.1 | Antal køretøjer bruges som fordelingsnøgle og dækker både en Willing- ness-to-Pay-analyse af GNSS-navigation til biler og den sparede tid estimeret som følge af bedre ruteplanlægning. | 1,1 % | 1.825,2 |
| **TOTAL (2013)** | **68.7** |  |  | **6.125,2** |

Kilder: Leveson, I. (2015) *The Economic Value of GPS: Preliminary Assessment*, National Space-Based Positioning, Navigation and Timing Advisory Board Meeting, June 11, 2015. Verdensbanken, DST, US Bureau of Labor Statistics, Eurostat, Eurocontrol, FAA, OICA, Wikipedia.

Levesons beregning refererer alene til **GPS**, mens øvrige GNSS figurer i en ’andet’-kategori, som tilskrives mindre betydning end GPS (mellem 10 % og 40 % af totalen). De samlede gevinster ved **GNSS55** er derfor højere end præsenteret i tabellen, og man kan nemt forestille sig yderligere ge- vinster fra Galileos specifikke tjenester, når de begynder. Galileo vil levere fire tjenester:

1. **Open Service (OS)**: Den åbne tjeneste bliver kompatibel med GPS og stillet frit til rådighed. Den sender på den samme frekvens som GPS. Ulig andre åbne tjenester vil Galileo tilbyde au-

53 Federal Aviation Administration (2015) *Satellite Navigation – GPS – Preseidential Policy,* tilgængelig her: [http://www.faa.gov/about/office\_org/headquarters\_offices/ato/service\_units/techops/navservices/gnss/gps/policy/presidential/?print=go](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/policy/presidential/?print=go&amp;1) [#1](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/policy/presidential/?print=go&amp;1) (tilgået 19. april 2016).

54 Leveson, I. (2015) *The Economic Value of GPS: Preliminary Assessment*, National Space-Based Positioning, Navigation and Timing

Advisory Board Meeting, June 11, 2015.

55 Galileo og GPS har vedtaget, at systemerne skal være interoperable, dvs. at positionen kan beregnes med fire tilfældige satellitter fra de to systemer. I mange tilfælde vil der være tilstrækkeligt mange GPS-satellitter på himlen, så i princippet er Galileo ikke nødvendig, men især i byer er det sandsynligt, at den beregnede position bliver mere nøjagtig takket være Galileo. Det er meget vanskeligt at forde- le gevinsterne mellem Galileo og GPS og det ligger uden for denne rapports formål.

tentificering, som betyder, at modtagere kan verificere, at det modtagne signal kommer fra en satellit i rummet og ikke et spoofing-apparat i nærområdet.56

1. **Commercial Service (CS)**: Galileos kommercielle tjeneste på to frekvenser vil muliggøre kor- rektion af interferens, fordi de to frekvenser påvirkes forskelligt af den samme forstyrrelse. Tjenesten vil tilbyde særdeles høj nøjagtighed og derudover stærkere autentificering. Galileo forventes at opkræve betaling for tjenesten, som bliver den eneste GNSS-tjeneste med en ga- ranteret ydelse.
2. **Search and Rescue (SaR)**: Europas bidrag til det Internationale COSPAS-SARSAT Program, som ved hjælp af satellitter og jordstationer indsamler nødsignaler fra individer, fly og skibe i nød. Galileos redningstjeneste sikrer, at nødsignalet bærer den nødstedtes position (hvis enhe- den bruger GNSS) og er desuden defineret med en Return-Link-Service, med hvilken det bliver muligt for beredskabet at sende et simpelt signal retur til den nødstedte om, at hjælp er på vej.
3. **Public Regulated Service**: Specifik tjeneste udviklet til offentlige myndigheder, eksempelvis beredskab, kystvagter og andre godkendte brugere. Tjenesten er krypteret og sender desuden på flere frekvenser.

Ud over de gevinster der er refereret i [Tabel 10](#_bookmark32), er der anseelige gevinster ved brug af GNSS i redningstjenester. GNSS hjælper redningsmandskab til havs og i ufremkommelige landområder, hvor muligheden for at medsende lokalitet i nødsignalet forbedrer sandsynligheden for redning. Europa-Kommissionens eCall-initiativ er et system, hvor alle biler (over tid) vil være udstyret med en GNSS-modtager og et simkort, således at bilen ringer efter hjælp, eksempelvis når airbaggen udløses. GNSS sikrer, at alarmcentralen modtager nøjagtige oplysninger om bilens lokalitet, og derfor at redningstjenesterne rykker hurtigt ud. eCall forventes at reducere responstiden til trafik- uheld i byer med 40 % og med 50 % på landet. Det kan reducere antallet af trafikdræbte med 4 % og antallet af svært tilskadekomne med 6 %.57

## Gevinster ved brug af satellitkommunikation

Satellitkommunikation er den mest kommercielt lukrative forretning med relation til rummet. Kommunikationssatellitter (ofte, men ikke altid, i geostationært kredsløb) bruges grundlæggende til tre formål: parabol-tv, internet og tale.

I 1987 blev et dansk forbud mod at modtage tv-signaler via parabol ophævet, og året efter be- gyndte Viasat at sende tv fra London til Danmark, Norge, og Sverige.58 I 2014 modtog 196.000 husstande tv-signal via parabol.59 Viasat og Canal Digital er de eneste danske udbydere af parabol- tv, men grundet den geografiske dækning af satellit-tv er det muligt at modtage signaler fra andre lande, en mulighed 32.000 husstande benytter.60 Ud over som distribution til slutkunden spiller satellitter en væsentlig rolle i produktion af tv. Direkte sportsbegivenheder sendes fra lokaliteten til seerne blandt andet gennem satellit, inden signalet nedtages og distribueres gennem kabler og antenner. Den samfundsøkonomiske værdi af direkte tv er svær at vurdere, og der eksisterer ingen studier.

56 European GNSS Agency (2016) *GNSS.asia Challenge Promotes Galileo in Asia-Pacific*, tilgængelig her: <http://www.gsa.europa.eu/news/gnssasia-challenge-promotes-galileo-asia-pacific>(tilgået 19. april 2016).

57 [http://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action\_plan/ecall\_en.htm.](http://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/ecall_en.htm)

58 Erling Madsen/BFE (2012) *Fjernsynets historie fra 1926 til 2012 – og lidt efter …*, tilgængelig her: <http://slks.dk/fileadmin/user_upload/dokumenter/medier/Tv/Generelt/Fjernsynets_historie_Erling_Madsen_BFE.pdf>(tilgået: 20. april 2016).

59 TNS Gallup (2014) *Annual Survey 2014U31-48.*

60 TNS Gallup (2014) *Annual Survey 2014U31-48*. Det antages, at respondenter ved, hvem de køber parabol-tv af. Så respondenter, der ikke ved hvor de får signalet fra, forventes at modtage gratis tv, eksempelvis fra den britiske Freesat.

Satellitbaseret internet opdeles i to typer; fast og mobil. Fast satellitinternet tilbydes i princippet til alle, der har adgang til at rette en parabol mod syd, men på grund af prisen og den højere latens- tid end andre løsninger61 appellerer satellitinternet mest til borgere og virksomheder i områder med langsomme eller ikke-eksisterende traditionelle tjenester. Ansatte på boreplatforme i Nordsøen bruger satellitbaseret internet til at kommunikere med hovedkvarteret og familien. De samfunds- økonomiske gevinster ved fast satellitkommunikation er ikke kvantificerede, men dialog med olie- industrien indikerer, at adgang til internettet har stor betydning for udvinding af olie samt medar- bejderes trivsel. Endvidere er det let at forestille sig, at virksomheder med langsomme internetfor- bindelser via traditionel teknologi kan forventes at forbedre omsætningen og indtjeningsgraden ved bedre internetadgang.

Mobilt satellitinternet anvendes i situationer, der svarer til tale-situtatoner. Begge teknologier bru- ges i mange forskellige professioner, eksempelvis på transportskibe, flyvemaskiner og forskere på missioner i områder uden konventionelt signal. Fly anvender satellitter til at kommunikere med kontroltårne på jorden, og nogle luftfartsselskaber tilbyder internet til passagerer. Skibe i rum sø bruger satellitkommunikation til at få oplysninger fra hovedkvarteret og kan varsko havne, før de lægger til, og derved øge chancen for, at der er kapacitet til rådighed. Vejrmeldinger leveret til skibe tillader kursændringer, der kan reducere risikoen for tabt last, og spare brændstof ved valg af en mere effektiv rute. Ingen af disse gevinster er kvantificeret.

Satellitinternet kan også bruges i tilfælde af katastrofer, hvor mobilmaster er sat ud af kraft eller efterspørgslen efter mobilkapacitet gør, at beredskabstjenester ikke kan kommunikere med hinan- den. Innovative løsninger på området tillader, at et alternativt 3G/4G-netværk kan oprettes og sikre den bedst mulige løsning af krisesituationen.

Militære enheder anvender krypteret satellitkommunikation til at sikre, at information ikke bliver opsnappet af fjendtligtsindede styrker, men kun til de ønskede modtagere. I den sammenhæng vurderer vi at CubeSats kan være en særligt attraktiv løsning til militærkommunikation, fordi Cu- beSats kan bringes i en position, hvor de kan tjene som kortvarig mellemstation til kommunikation mellem to (nære) styrker. Den korte varighed øger sandsynligheden for, at krypteringen ikke bry- des.

Disse eksempler på brug af satellitkommunikation er tænkt som vejledning i brug af denne rumba- serede tjeneste, og selvom der ikke eksisterer kvantificerede gevinster, burde samfundsøkonomi- ske gevinster kunne tænkes.

## Casestudier af rumanvendelse

Som ovenstående gennemgang tydelig har illustreret, er rumteknologi allerede en vigtig del af danskernes hverdag. GPS, satellitbilleder og vejrmeldinger er blot nogle eksempler på teknologi, som i disse år anvendes inden for stadig flere områder. Rumteknologierne hjælper til, at samfun- dets ressourcer kan anvendes bedre. Det følgende underafsnit og kapitel 6 indeholder en række casestudier, hvor en øget satsning på rumteknologi kan lede til hhv. store samfundsøkonomiske besparelser og nye kommercielle muligheder. Hvert casestudie præsenterer et komplekst sam- fundsmæssigt problem inden for et bestemt område, der kan løses billigere og bedre ved brug af rumteknologi. Da der er tale om fremtidige investeringer og potentialer, bør casestudiernes bereg- ninger ses som indikative. Selvom der er en stor usikkerhed forbundet med beregningerne, viser de markante samfundsgevinster ved brugen af rumteknologi.

61 Signalet skal rejse fra brugerens parabol til satellitten og tilbage til jorden et andet sted for at forbinde brugeren til nettet, og selv med lysets hastighed tager det tid.

* + 1. **Case: Rumbaseret flyovervågning**

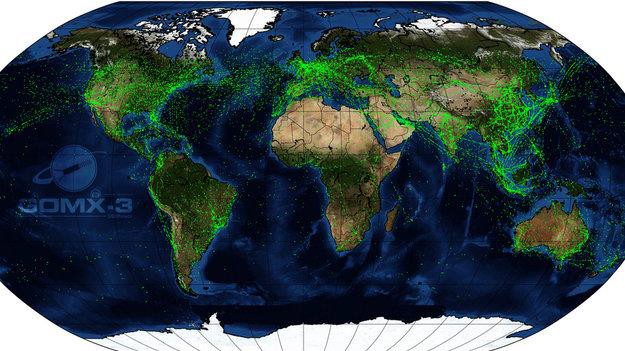
At fly ikke er overvåget til alle tider, og at det rent faktisk er muligt for en Boeing 777 at forsvinde fuldstændigt, kom nok som en overraskelse for de fleste mennesker, da Malaysian Airlines MH370 i 2014 gjorde netop det. To år senere er vraget stadig ikke fundet, og det til trods for at det Austral- ske Transport Safety Bureau indtil nu har undersøgt 100.000 kvadratkilometer havbund.62 Ligeledes forsvandt Air France AF447 fem år tidligere, i 2009, undervejs fra Rio de Janeiro i Brasilien til Paris, og dengang tog det næsten to år at finde flyets sorte bokse og bestemme årsagen til ulykken.

Den Internationale Civil Aviation Organisation (ICAO) har reageret på situationen og introduceret et krav om tracking af fly med højst 15 minutters interval mellem oplysninger om flyets position. Op- lysningerne skal leveres af flyselskabet og effektueres fra 2018. ADS-C63 er en satellitbaseret løs- ning leveret af Inmarsat, som kan opnå den nødvendige nøjagtighed krævet af ICAO, men to kommende løsninger (med dansk islæt) vil forbedre præstationen markant: GomSpace og NAVIAIR gennem Aireon.

Kort fortalt er forskellen på ADS-C og ADS-B, som anvendes i de kommende løsninger, opdate- ringshastigheden på flypositioner. Hvor ADS-C har et opdateringsinterval på ca. 15 min., har ADS- B en opdateringshastigheden på 8 sekunder. Begge danske løsninger anvender satellitter sammen med den eksisterende ADS-B-teknologi64. ADS-B er et system, hvor en luftfartscertificeret GNSS- modtager beregner flyets position og udsender denne information sammen med retning og ha- stighed. På nuværende tidspunkt indsamles data af jordbaserede antenner, som giver flyvekontrol- tjenester tilstrækkelig information til, at disse data kan anvendes som grundlag for flyvekontrollens adskillelse af fly i samme område. At antennerne til ADS-B er jordbaserede betyder imidlertid (pga. signalets rækkevidde), at kun ca. 30 % af jordoverfladen er dækket, og oceanerne ikke er, så i begge tilfælde (MH370 og AF447) var det ikke muligt at anvende ADS-B-signalet til at lokalisere vragene. For at et flyovervågningssystem kan anvendes til flyvekontrol kræves en latens i det tek- niske system, som ikke overstiger 2 sekunder. Ligeledes skal opdateringshastigheden på fly- positioner være lille og må ikke overstige 8 sekunder. ADS-B opfylder disse specifikke krav.65

GomX-3 fra Gomspace er en tre- moduls CubeSat, som er blevet til med støtte fra ESA’s GSTP66. [Figur](#_bookmark36) [16](#_bookmark36) viser resultatet af satellittens første seks måneders operation, hvor hver grøn plet indikerer et identificeret og lokaliseret fly. Sa- tellittens kredsløb er meget kræ- vende, så den forventes at brænde op i jordens atmosfære i septem- ber 2016 efter ca. 11 måneders operation. GomX-3 har demonstre- ret potentialet i flyovervågning med CubeSat, og man kan let fore- stille sig, at en større konstellation af CubeSats kan levere en betrag-

**Figur 16. GomX-3 flyovervågning**



Kilde: ESA

telig forbedring i forhold til både ADS-C og eksisterende systemer over havet.

62 Australian Transport Safety Bureau (13 April 2016) *Operational update [on MH370].*

63 Automatic Dependent Surveillance – Contract.

64 Automatic Dependent Surveillance – Broadcast.

65 Opdateringsinterval på højst 8 sekunder og latenstid på højst 2 sekunder.

66 General Support Technology Programme.

Den anden løsning med dansk islæt kommer fra NAVIAIR, den danske flyvekontroltjeneste, som ejer 6 % af aktierne i Aireon, et joint-venture i samarbejde med det amerikanske satellitkommuni- kationsselskab Iridium (24,5 %), og flyvekontroltjenester i Canada (51 %), Italien (12,5 %) og Irland (6 %).67 Aireon har udviklet et ADS-B-modtagesystem, der bliver monteret på 66 Iridium NEXT-satellitter i Low Earth Orbit (ca. 780 km) og forventes klar i 2018. Resultatet er det første globalt dækkende overvågningssystem af luftfarten. Med 66 satellitter og Iridiums eksisterende kommunikationssystem, hvor alle satellitter er i konstant forbindelse med fire andre satellitter (to i det samme plan og en i hvert tilstødende plan) samt et veludbygget system af jordstationer kan Aireon tilbyde global ATC Surveillance. Som ekspert i flyvekontrol er NAVIAIRs rolle at sikre, at systemet opfylder alle krav til og ønsker fra flyvekontrolsegmentet.

Redningsaktioner i tilfælde af ulykker bliver mere effektive, når alle fly er overvåget på ATC Sur- veillance-niveau, og det relevante afsøgningsområde reduceres betragteligt. Dette er illustreret i tabellen nedenfor, som viser, at hvis MH370 (Boeing 777) havde været overvåget med ADS-B ville det relevante søgeområde være 4,1 kvadratkilometer, en markant forbedring af de indtil nu

100.000 kvadratkilometer, der er afsøgt.

**Tabel 11. Afsøgningsområde ved forskellige flytracking-systemer**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Propelfly (eksempel)** | **Almindelig turboprop** | **Almindelig regional jet** | **Almindelig**  **interkonti- nental jet** |
|  |  | Cessna C172 | Bombardier Dash 8 | Boeing 737 | Boeing 777 |
|  | Hastighed (knob) | 122 | 360 | 444 | 493 |
| **Afsøgningsområ- de (kvadratkilo- meter)** | PIREP (30 min.) | 12.763 | 111.129 | 169.039 | 208.409 |
| ADS-C (15 min.) | 3.191 | 27.782 | 42.260 | 52.102 |
| SB ADS-B (8 sek.) | 0,3 | 2,2 | 3,3 | 4,1 |

Note: Parentesen indikerer opdateringsfrekvens. PIREP: Pilotrapport over VHF, den eksisterende metode over oceanerne. SB: Space-based.

Kilde: Aireon.

Aireon vil stille data vederlagsfrit til rådighed for redningstjenester i forbindelse med ulykker, men vil i øvrigt sælge data til flyvekontroltjenester til brug for flyovervågning og dermed optimering af afvikling af lufttrafik samt til flyselskaber, så de kan leve op til ICAO’s rapporteringspligt fra 2018. Også her spiller NAVIAIR en vigtig rolle i definitionen af tjenesterne, så de bliver mest brugbare.

Redning er ikke den eneste måde, hvorpå systemet bidrager til samfundsøkonomien. En væsentlig fordel ved systemet er, at fordi man kan overvåge alle fly i realtid, er det muligt at lade dem flyve tættere i meget trafikkerede korridorer (eksempelvis mellem Europa og Nordamerika). Aireons system tillader således, at fly kan flyve med 15 sømils afstand i stedet for de nuværende 60 sømil, hvilket sikrer, at fly kan stige til cruisinghøjde hurtigere, og flere fly kan udnytte de bedste jet- strømme, hvilket kan spare brændstof, tid og gavne samfundet ved at reducere negative miljø- mæssige eksternaliteter.

67 NaviAir *Aireon*, tilgængelig her: <http://www.naviair.dk/aireon.1238.aspx>(tilgået 18. april 2016).

* + 1. **Case: Satellitbaseret skibsovervågning**

Ulovligt fiskeri (IUU) er et problem, som har alvorlige konsekvenser for bæredygtigheden af fiske- bestanden. Det er estimeret, at 500.000 ton ulovlige fisk med en markedsværdi på mere end 8 mia. DKK blev importeret til EU-lande i 2007.68 Globalt er det beregnet, at 1 ud af 5 fisk fanges ulovligt og IUU er et stort problem, der årligt koster verdensøkonomien mere end 150 mia. DKK.69

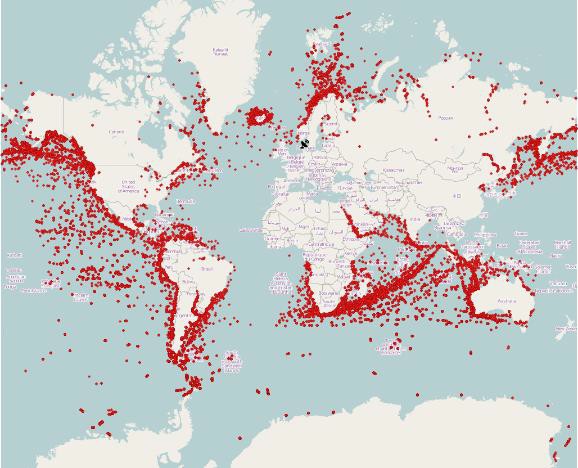
Den Internationale Maritime Organisation (IMO) kræver, at alle skibe på mere end 300 bruttoton, der sejler internationalt, alle passagerskibe samt alle skibe på mere end 500 bruttoton70 skal være udstyret med en AIS-sender71. EU kræver tillige, at alle fiskebåde på mindst 15 meter skal være udstyret med AIS, og at fiskebåde på mellem 12 og 15 meter er udstyret med VMS72. Det er muligt at identificere eventuelt ulovlig aktivitet i Danmarks og Færøernes farvande ved at sammenligne JO-satellitbilleder med den information, man kan hente fra AIS. En fiskerbåd, der fisker ulovligt, slukker formodentlig sin AIS-sender, men kan så identificeres på billedet (optisk eller radar).

AIS-data kan komme fra forskellige kilder, hvoraf mange er jordbaserede modtagestationer. En mere effektiv måde at tilgå data ville være ved hjælp af en konstellation af satellitter, og studen- tersatellitterne AAUSAT-373 og AAUSAT-474 har demonstreret mulighederne. Satellitterne blev udsty- ret med en AIS-modtager bygget af GomSpace75 og blev derfor i stand til at finde lokaliteten på alle skibe udstyret med AIS. [Figur 17](#_bookmark37) viser de skibe, som AAUSAT-3 identificerede den 22. februar 2014.

Effektiv overvågning af fiskeri er den bedste måde at sikre, at de aftalte, bæredygtige, fiskekvoter bliver fulgt til gavn for den lovlige fiskeindustri og planetens biodiversitet. Et fransk76 studie af brug af jordobser- vation til monitorering af landets eksklusive økonomi- ske zoner i Det Indiske Ocean har vist, at 90 % af ulovligt fiskeri var ophørt efter et år, og der var ingen rapporterede overtrædelser to år efter at projektet startede.

Udenlandske virksomheder (eksempelvis ExactEarth fra Canada) har også udviklet på teknologien og til- byder nu satellitbaserede AIS-data på kommercielle vilkår.77

**Figur 17. AAUSAT-3 skibsovervågning**



Kilde: AAUSAT-3

68 Seafish (2012) The Seafish Guide to Illegal, Unreported and Unregulated Fishing, tilgængelig her: [http://www.seafish.org/media/742176/seafishguidetoiuu\_201211.pdf.](http://www.seafish.org/media/742176/seafishguidetoiuu_201211.pdf)

69 Satellite Applications Catapult (2014) Case Study: Ending Illegal Fishing, tilgængelig her: [https://sa.catapult.org.uk/ docu-](https://sa.catapult.org.uk/%20documents/10625/53165/Case%2BStudy%2B-%2BIUU%2B-%2BJuly%2B2014Final.pdf/fd32b1e8-f441-4cf1-a1b6-95764300b142)

[ments/10625/53165/Case+Study+-+IUU+-+July+2014Final.pdf/fd32b1e8-f441-4cf1-a1b6-95764300b142.](https://sa.catapult.org.uk/%20documents/10625/53165/Case%2BStudy%2B-%2BIUU%2B-%2BJuly%2B2014Final.pdf/fd32b1e8-f441-4cf1-a1b6-95764300b142)

70 IMO International Convention on the Safety of Life at Sea (SOLAS).

71 Automatic Identification System, en teknologi tilsvarende ADS-B for fly, hvor skibe konstant udsender position, identitet, hastighed og kurs. Skibe og kyststationer inden for ca. 50 sømil indsamler oplysningerne.

72 Council Regulation (EC) No 1224/2009 of 20 November 2009 establishing a Community control system for ensuring compliance with

the rules of the common fisheries policy, amending Regulations (EC) No 847/96, (EC) No 2371/2002, (EC) No 811/2004, (EC) No 768/2005, (EC) No 2115/2005, (EC) No 2166/2005, (EC) No 388/2006, (EC) No 509/2007, (EC) No 676/2007, (EC)

No 1098/2007, (EC) No 1300/2008, (EC) No 1342/2008 and repealing Regulations (EEC) No 2847/93, (EC) No 1627/94 and (EC) No 1966/2006.

73 Se <http://www.space.aau.dk/aausat3/>for mere om AAUSAT-3.

74 Se <http://www.space.aau.dk/aausat4/>for mere om AAUSAT-4.

75 Se <http://gomspace.com/index.php?p=products-satlabais>for mere om GomSpaces Satlab QubeAIS modtager.

76 OECD (2008) *Space technology and climate change.*

77 [www.exactearth.com.](http://www.exactearth.com/)

* + 1. **Case: Demente borgere – øget tryghed samt besparelser til samfundet**

Demens er en fællesbetegnelse for en række sygdomstilstande, som er karakteriseret ved vedva- rende svækkelse af mentale funktioner. Svækkelsen af mentale funktioner kan medføre, at demen- te ikke kan finde hjem, når de færdes ude på egen hånd. Dette leder i sagens natur til stor bekym- ring for de pårørende. Derudover er der ofte store samfundsmæssige omkostninger forbundet med at lede efter de forsvundne demente borgere.



I dag kan GPS-teknologi anvendes til at spore den demente. For eksempel tilbyder en dansk pro- ducent en halskæde med indbygget GPS og alarmsystem78. Så længe de demente har halskæden på, vil pårørende være i stand til at lokalisere dem. GPS-systemet kan også anvendes til at opsæt- te personlige tryghedszoner, så de pårørende får besked, hvis de demente bevæger sig uden for disse zoner. GPS-udstyret bidrager derfor til at skabe øget tryghed hos de pårørende. Værdien af denne tryghed er naturligvis svær at måle. Men ABT-fonden forventer at den øgede tryghed med- fører, at demente, som bor sammen med en pårørende, kan bo længere i hjemmet.

Ved at anvende data fra analysen “Demonstrationsprojekt med brug af GPS system i eget hjem”79 er det estimeret, at der i 2011 var omkring 40.700 demente, der boede hjemme med en pårøren- de. Analysen indikerer, at 42 pct. af de hjemmeboende demente kan blive længere i hjemmet som følge af GPS-udstyr. Når demente bliver længere i hjemmet spares plads og personale på demens- plejehjem. Analysen vurderer, at den årlige besparelse udgør cirka 108.000 DKK pr. dement80 som bliver boende længere hjemme. Besparelsen er baseret på tal fra en slutevaluering af fem kommu- ners brug af GPS-sporing af demente på plejehjem foretaget for ABT-fonden i 2011 og dækker over, at den ældre kan blive længere i eget hjem samt personale og politiressourcer til eftersøg- ning. **Den samlede potentielle besparelse bliver dermed 1,9 mia. DKK pr. år** ved at demente bor længere hjemme. Her tages der ikke hensyn til eventuelle forskelle i omkostningerne for den demente ved at bo henholdsvis hjemme eller på institution.

Ud over besparelser ved at bo længere i eget hjem, sparede samfundet også omkostninger til ef- tersøgning. I analysen fra ABT-fonden er angivet antallet af eftersøgninger af demente i 1. kvartal 2011. Baseret på 1. kvartal vurderes det, at der årligt er cirka 340 eftersøgninger af demente på landsplan. Ud fra en antagelse om, at en eftersøgning består af 6 timers arbejde for 8 politibetjen- te, er det i ABT-fondens analyse vurderet, at en eftersøgning koster ca. 12.800 DKK. På denne baggrund vurderes det, at den **samlede potentielle besparelse ved færre eftersøgninger af demente svarer til cirka 4,4 mio. DKK årligt.**

78 Kilde: [http://www.videnscenterfordemens.dk/pleje-og-behandling/pleje-og-omsorg/teknologiske-hjaelpemidler/gps-sporingsenhed-til-](http://www.videnscenterfordemens.dk/pleje-og-behandling/pleje-og-omsorg/teknologiske-hjaelpemidler/gps-sporingsenhed-til-personer-med-demens/) [personer-med-demens/.](http://www.videnscenterfordemens.dk/pleje-og-behandling/pleje-og-omsorg/teknologiske-hjaelpemidler/gps-sporingsenhed-til-personer-med-demens/)

79 Kilde: ABT-fonden 2011.

80 Kilde: Demonstrationsprojekt med brug af GPS system i eget hjem. [http://www.digst.dk/~/media/Afsluttede-projekter/GPS-med-](http://www.digst.dk/%7E/media/Afsluttede-projekter/GPS-med-tilkaldeknap-til-demente/Slutevaluering---GPS-til-demente.pdf?la=da) [tilkaldeknap-til-demente/Slutevaluering---GPS-til-demente.pdf?la=da.](http://www.digst.dk/%7E/media/Afsluttede-projekter/GPS-med-tilkaldeknap-til-demente/Slutevaluering---GPS-til-demente.pdf?la=da)

Flertallet af danske kommuner anvender GPS til sporing af personer med demens. I forbindelse med tv-programmet *'DR2 undersøger: De forsvundne demente'*, sendt oktober 2014, blev kommu- nerne i 2014 spurgt om deres brug af GPS. 67 ud af de 71 deltagende kommuner anvendte GPS, men antallet af GPS-enheder i den enkelte kommune varierede meget.81 Systemet forudsætter, at der er en omsorgsgiver til at modtage meldinger fra GPS'en og til at spore den demente. Denne person skal have de tekniske kompetencer samt tid og ressourcer til at spore og hente den demen- te. Dette kan betyde, at det fulde potentiale beskrevet ovenfor ikke er muligt at realisere.

81 Kilde: [http://sarita.dk.](http://sarita.dk/)

# DANMARKS STYRKEPOSITIONER

Med afsæt i den faktabaserede kortlægning og beskrivelse af rumområdet i Danmark (kapitel 3) og endvidere vurderingen af områdets samfundsøkonomiske gevinster (kapitel 4) vurderes i det føl- gende, hvilke dele af rumområdet i Danmark der repræsenterer styrkepositioner for henholdsvis erhvervsliv, forskning og myndigheder – og deres samspil.

Styrkepositioner forstås i nærværende sammenhæng som de dele af rumområdet, der skaber rela- tivt meget værdi. Hvilke erhvervsområder skaber fx relativt stor økonomisk værdi og kan derigen- nem drive forretningsmæssig attraktivitet og investeringstilbøjelighed? Hvilke forskningsområder vurderes fx til at være længst fremme og skabe mest og bedst forskning? Og på hvilke områder leverer myndigheder fx tilstrækkelig kvalitet til brug for andre myndigheder og slutbrugere blandt borgere og virksomheder? Der er her tale om vurderinger, som triangulerer alle typer kvantitative og kvalitative data fra kortlægningen samt den erfaringsbaserede vurdering fra Rambøll og London Economics.

Det ligger uden for rammerne af denne kortlægning at analysere komparative fordele via sammen- ligninger på tværs af lande, omend der dog indgår sammenligninger af en række lande i den de- skriptive gennemgang af rumområdet i dag. Derfor fokuseres der på sammenligninger inden for det danske rumområde, fx mellem styrkepositioner på tværs af satellitteknologierne jordobservation, navigation og kommunikation.

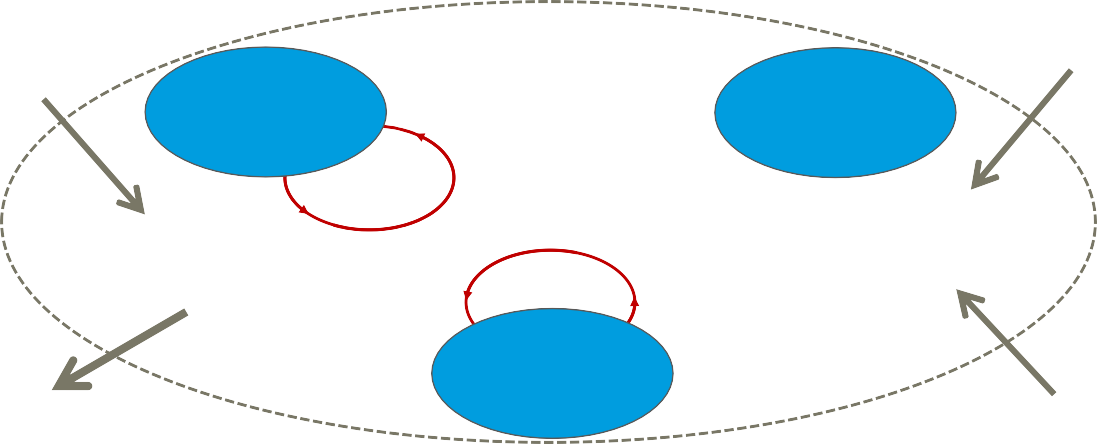
I nærværende kapitel er der tale om aktuelle styrkepositioner, baseret på senest tilgængelige data (fx virksomhedsdemografiske registerdata fra 2013 eller aktuelle kvalitative interview). Aktuelle styrkepositioner, som giver grundlag for at diskutere de fremadrettede kommercielle muligheder samt myndighedernes fremtidige behov behandles i de følgende kapitler.

## Styrkepositioner i samspillet mellem erhvervsliv, forskning og myndigheder

Styrelsen for Forskning og Innovation foretog i 2011 en afdækning af de økonomiske effekter af erhvervslivets forskningssamarbejde med offentlige vidensinstitutioner. Analysen viste bl.a., at forsknings- og udviklingsaktive virksomheder, der investerer i forskning og udvikling i forbindelse med et universitetssamarbejde, årligt har 6,8 % højere produktivitet end forsknings- og udvik- lingsaktive virksomheder uden universitetssamarbejde.

Man kan betragte rumområdet som et system af netværk mellem virksomheder, forskningsinstitu- tioner og myndigheder, der hver især skaber værdi, innovation og vækst i snitflader med synergi mellem de forskellige aktører. Heraf følger, at en forskningsmæssig styrkeposition eksempelvis kan have væsentlig afsmittende betydning for forretningsudvikling og investeringer blandt virksomhe- derne og dermed generere erhvervsmæssige styrkepositioner. Tilsvarende kan en forskningsmæs- sig styrkeposition bidrage til, at myndigheder får nye muligheder for at levere ydelser til andre myndigheder eller virksomheder og borgere. Nedenstående figur illustrerer denne synergi mellem aktørerne på rumområdet i Danmark og er baseret på kortlægningens mange interview med virk- somheder, forskningsinstitutioner og myndigheder.

**Figur 18. Værdiskabelse i et system mellem virksomheder, forskningsinstitutioner og myndigheder**



SUCCESFULDE VIRKSOMHEDER REINVESTERER

KAPITAL

VIRKSOMHEDER

VÆRDISKABELSE

FORSKNINGS- INSTITUTIONER

**RUMOMRÅDET** (MULTILATERALE NETVÆRK)

VÆRDISKABELSE

VÆRDISKABELSE

MYNDIGHEDR

MARKEDET

TALENTER

Kilde: Rambøll og London Economics.

Kortlægningen indeholder en række interessante eksempler på samspil mellem styrkepositioner blandt de forskellige aktører. Eksempelvis har relationer mellem Aalborg Universitet (AAU) og virk- somheden GomSpace (der bl.a. producerer nanosatelitter) haft afgørende betydning for virksom- hedens udviklingsaktiviteter og væsentlige vækst de seneste år.

I ovenstående eksempel er der tale om en aktuel synergi mellem AAU og GomSpace. Men synergi- er er dynamiske og flytter sig netop derhen, hvor de skaber mest værdi. Det illustreres eksempel- vis af det væsentlige samarbejde, som DHI GRAS (distributør af satellitbilleder) tidligere har haft med Københavns Universitet (KU), men som nu har skiftet til at være et intensivt samarbejde med DTU Space.

**Figur 19. Udvikling i samarbejdet mellem DHI GRAS og de danske forskningsinstitutioner**

**Før**

KU DHI GRAS

**Kritisk**

**masse**

Samarbejde med DHI GRAS

Enkelte projekter

DTU Space & Miljø

**I dag**

Deling af personale Mange projekter

KU DHI GRAS

**Kritisk**

**masse**

DTU Space & Miljø

År 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016

Enkelte projekter

ESA samarbejder Mange projekter

DTU Space & Miljø Københavns Universitet

Note: Illustrativ beskrivelse på baggrund af Rambølls erfaringer.

Med en række eksempler og kvalitative interview som afsæt vurderes relationerne mellem aktører- ne inden for rumområdet sammenfattende at være en kritisk faktor med væsentlig betydning for værdiskabelsen, herunder for kommercielle muligheder, forskningspotentialer og nye roller for myndighederne. I forlængelse heraf vurderes samarbejdet mellem de forskellige aktører at fungere

relativt godt på det danske rumområde. Imidlertid er der også en række forhold, som af aktørerne opleves som barrierer for videreudvikling af styrkepositionerne. Det drejer sig især om kritisk mas- se og investeringstilbøjelighed. Eksempelvis oplever mange virksomheder, at kvaliteten af dansk forskning er ganske høj, men at den kritiske masse i en række forskningsmiljøer er begrænset.

Tilsvarende vurderes investorer ofte at være tilbageholdende med at investere i nye projekter, hvilket kan have en dæmpende virkning på vækst og værdiskabelse.

## Erhverv

I vurderingen af erhvervsmæssige styrkepositioner er det nyttigt at opdele industrien i mindre en- heder, som kan analyseres mere detaljeret. De mest informative statistiske parametre for analysen er værditilvækst, omsætning og eksport.

* + 1. **Upstream**

Upstream-sektoren er en relativt lille del af den danske rumøkonomi, som noterer sig for 7 % af omsætningen og 14 % af sektorens beskæftigelse.

Med 52 % er **værditilvæksten som andel af samlet omsætning** næsten dobbelt så høj for upstream-aktiviteterne end for rumøkonomien som helhed (27 %), og med 94 % er eksportande- len af omsætningen markant højere end for downstream-segmentet (58 %). En stor del af omsæt- ningen i upstream-segmentet (ca. 40 %) genereres gennem ESA- og andre offentlige udbud, sup- pleret med kommercielt salg, primært til udlandet.

Med deltagelse i 38 satellitmissioner siden 1972 er **Terma** den største og mest erfarne danske virksomhed i upstream-segmentet. Ud over missioner til rumagenturer har Terma bidraget til satel- litter til det britiske og canadiske forsvar og var hovedleverandør på Ørsted-satellitten i 1999. Af virksomhedens missioner er 25 blevet opsendt efter Ørsted.82

Med 15 satellitmissioner (1999 – 2020) er **DTU** også en væsentlig spiller i den danske upstream- sektor. På samme måde som Terma var DTU en vigtig aktør ift. Ørsted og har formået at videreud- vikle de kompetencer, man derigennem opnåede til at blive en international spiller på markedet for satellitkomponenter. DTU har således deltaget i adskillige NASA-missioner på kommercielle vilkår, herunder Juno og NuSTAR.83 Ørsteds afløser, ESA-missionen Swarm, blev opsendt i 2013 og ledes af DTU.

Med mere end 120.000 komponenter leveret til over 100 forskellige rumprogrammer verden over er **Flux**, som producerer magnetiske komponenter og strømforsyninger til satellitter, verdens fø- rende inden for sit felt. Flux spænder vidt inden for satellitteknologi og har leveret komponenter til navigation84, jordobservation85 og kommunikation, og som leverandør til satellitproducenterne Tha- les Alenia Space og Airbus samt komponenter til satellitter ejet af Pendrell Corporation, GlobalStar, Inmarsat og ESA’s Alphabus/Alphasat. Derudover har alle ESA’s videnskabelige missioner i mere end to årtier haft Flux-komponenter. Virksomheden er også aktiv inden for bemandet rumfart med komponenter i både det russiske og europæiske modul på ISS og ESA’s Automated Transfer Ve- hicle. Endvidere har virksomheden leveret komponenter til de europæiske og japanske løfteraketter og transport kapsler.86

Aalborg Universitet havde en CubeSat på den første opsendelse af de små 10x10x10 cm3 standar- diserede satellitter. Med fem opsendte satellitter (hvoraf en fejlede) er AAU en vigtig spiller inden for feltet. AAU’s satellitter er bygget af studenter med begrænset hjælp fra universitetets forskere.

82 [http://www.terma.com/space/terma-space-missions/.](http://www.terma.com/space/terma-space-missions/)

83 [http://www.space.dtu.dk/Forskning/Projekter/Oersted\_satellitten.](http://www.space.dtu.dk/Forskning/Projekter/Oersted_satellitten)

84 Galileo, GLONASS med flere.

85 Envisat, MetOp, Meteosat, Copernicus Sentineller, og nationale programmer i Japan og Indien.

86 Se <http://www.flux.dk/markets/space.aspx>for mere information.

Teamet fra den første satellit grundlagde sidenhen GomSpace (også i Aalborg), og der er en tydelig synergi mellem de to organisationer. GomSpace vokser eksplosivt for tiden (100 % vækst over 2015-16), og det tætte samarbejde med AAU er en god måde for virksomheden at rekruttere kom- petente medarbejdere. GomSpace eksporterer til kunder i 48 lande og har samarbejdet med ESA om konstruktion af GomX-3.

Ud over satellitter er den danske upstream-sektor stærk i systemer til ISS, hvor Danish Aerospace Company har leveret adskillige løsninger inden for astronauters træning og sundhed, herunder de kondicykler der bruges på ISS. Danish Aerospace Company er også udvalgt som en af syv operatø- rer af europæiske ISS-kontrolcentre.

* + 1. **Downstream**

Med 93 % af den rumrelaterede omsætning i Danmark er downstream-segmentet langt det største. Grundlæggende kan downstream defineres som de aktiviteter, der sælger data og tjenester til bru- gere baseret på satellitter i rummet. Det er derfor nyttigt at sammenligne forskellige typer downstream-virksomheder, hvor grupperingen er givet ved placering i værdikæden og den satellit- type, der leverer data. Downstream-segmentet er domineret af tre typer aktivitet, nemlig **frem- stilling af brugerenheder** (36 % af omsætning), **salg af rumtjenester**87 (30 %) og **salg af brugerenheder** (24 %).

Med mere end 95 % af omsætningen genereret ved eksport er fremstilling af brugerenheder en klar dansk styrke. De **17** analyserede virksomheder på området tæller blandt andre Cobham Sat- com og Satcom1, som begge producerer satellitkommunikationsterminaler og er blevet opkøbt af udenlandske ejere inden for de seneste år88 samt Triax, som er en internationalt førende producent af paraboler, LNB-hoveder og modtagerbokse til parabol-tv.

Salg af rumtjenester (19 virksomheder) indbefatter parabol-tv-leverandørerne Viasat og Canal Digital (hvis rumomsætning tilsammen udgør ca. 1 mia. DKK), teleport-operatører samt mobil- og fast satellitkommunikationsydere. Som operatør af et af de syv europæiske ISS-kontrolcentre kan Danish Aerospace Company siges at være en førende virksomhed, men grundet det primært natio- nale fokus i denne aktivitet og fraværet af store teleports i Danmark, kan feltet som helhed ikke betragtes som en styrkeposition for Danmark.

Salg af brugerenheder, som er størst for så vidt angår antallet af virksomheder, er også en bred kategori af aktiviteter fra store internationale virksomheders danske og nordiske hovedkvarterer (Leica Geosystems, Furuno, Garmin, Polar Electro m.fl.) til små og mellemstore danske virksomhe- der, der er aktive i forskellige rumrelevante nicher som GPS-overvågning af demente, børn og kø- retøjer, maritime elektroniske løsninger inklusive satellitkommunikation og navigationsapparater samt landbrugsprodukter.

Med få undtagelser er de ca. 60 virksomheder inden for rumbaserede software- og konsulenttjene- ster samt følgeservices små virksomheder med begrænset rumomsætningsgrad og relativt få an- satte. Også her findes førende virksomheder inden for specifikke nicher – et eksempel er Cubris, der leverer de GNSS-baserede lokomotivførervejledningssystemer, der bruges af DSB, én ud af en håndfuld virksomheder globalt med kompetencer inden for feltet. DHI GRAS er et jordobservati- onskonsulentfirma, der er udsprunget af Københavns Universitet, og som er særlig stærk på vand- relaterede projekter i Danmark og i den tredje verden. **TICRA** er en software- og konsulentvirk- somhed med mere end 40 års erfaring i analyse og modellering af satellitantenner. TICRAs produk-

87 Herunder operation af jordstationer (teleports) og parabol-tv.

88 Thrane & Thrane købt af Cobham i 2012 for 281 mio. pund ([http://www.cobhaminvestors.com/our-business-and-strategy/acquisitions-](http://www.cobhaminvestors.com/our-business-and-strategy/acquisitions-and-disposals.aspx) [and-disposals.aspx)](http://www.cobhaminvestors.com/our-business-and-strategy/acquisitions-and-disposals.aspx) og Satcom1 købt af Honeywell i 2015.

ter anvendes verden over og bruges blandt andet i ESA’s Planck-mission samt af til fremstilling af private satellitter, bl.a. af Thales Alenia Space.89

En anden gruppering af downstream-virksomheder er givet ved, hvilken type satellitdata virksom- heden behandler og sælger (apparater til). Som tidligere nævnt er der grundlæggende tre typer satellitdata, nemlig jordobservation, navigation og kommunikation.

Figuren nedenfor viser, at der er stor forskel på finansielle og regnskabsdata for de forskellige tek- nologier. Størst på omsætning og værditilvækst er satellitkommunikation, hvor de store virksom- heder nævnt ovenfor (Viasat, Canal Digital, Cobham Satcom og Triax) står for den største del af omsætningen med ca. 63 %. Navigation følger som næststørst med 35 % af omsætningen og jord- observation som den mindste teknologi med 2 %. Dette resultat er i tråd med OECD’s *Space Eco- nomy at a Glance 2014*, hvor kommunikation udgør ca. 70 % af omsætningen, navigation ca. 29 % og jordobservation den resterende 1 %. Jordobservation er ikke kommercialiseret på samme måde som de to andre teknologier. Ulig navigation og kommunikation er der ikke et marked for fysiske apparater på jorden, så omsætningen fra jordobservation er begrænset til salg af tjenesteydelser.

**Figur 20. Værditilvækst og omsætning for de danske virksomheder i 2013, opdelt på satellitteknologi**

Værditilvækst (mio. DKK) 1.000

Kommunikation

48

67

Navigation

15 Jordoberservation

500

0 Omsætning (mio. DKK)

0 500 1.000 1.500 2.000 2.500 3.000

Note: Størrelsen på de enkelte bobler illustrerer, hvor mange danske virksomheder der beskæftiger sig med området. Summen af antal- let af virksomheder er forskellig fra det samlede antal, da virksomheder kan være aktive inden for forskellige teknologier.

Kilde: Rambøll og London Economics’ analyse og Danmarks Statistik-data.

I OECD’s analyse tegner parabol-tv sig for 54 % af omsætningen, mens de danske udbydere er estimeret til at udgøre ca. 25 %. Man kan derfor konkludere, at de øvrige danske satellitkommuni- kationsvirksomheder udgør en forholdsmæssigt større andel af den danske rumøkonomi.

Styrken af de danske satellitkommunikationsaktiviteter ses også ved analyse af virksomhedernes eksport (se [Figur 21](#_bookmark41)). I **værdi** er satellitkommunikation den mest eksporterende teknologi fulgt af navigation og jordobservation. At **andelen** af omsætning, der er genereret i udenlandske marke- der, er lavest for satellitkommunikation, skyldes, at ca. en fjerdedel af den danske rumøkonomi (og 40 % af satellitkommunikation) udgøres af parabol-tv, med begrænsede eksportmuligheder. Hvis

89 [http://www.ticra.com/products/software.](http://www.ticra.com/products/software)

parabol-tv udelades af analysen, har satellitkommunikation en eksportandel på 81 %, hvilket er illustreret i figuren nedenfor.

**Figur 21. Danske downstream-virksomheders eksport i 2013 opdelt på satellittype, mio. DKK**

**Mio. DKK**

1.600

1.400

1.200

1.000

800

600

400

200

81%

100%

90%

80%



72%

66%

65

1.063

1.356

50%

70%

60%

50%

40%

30%

20%

10%

0 0%

Jordobservation Navigation Kommunikation Eksportværdi Eksportandel Eksportandel (inkl. Parabol-TV)

Kilde: Rambøll og London Economics’ analyse og Danmarks Statistik-data.

Note: Den skraverede eksportandel angiver eksportandelen for satellitkommunikation, når parabol-tv udelades af analysen.

Downstream-styrkepositionen i satellitkommunikation skyldes primært få store, førende virksom- heder på feltet, men det kan ikke skade, at nogle af de væsentlige brugere af satellitkommunikati- on (fragtskibe, fiskere, Nordsø-oliesektoren) alle er at finde i det danske samfund.

* + 1. **Udenlandske investeringer**

Omtrent en fjerdedel af danske rumvirksomheder har udenlandske ejere, og andelen af omsætning der skabes i udenlandsk-ejede virksomheder, er endnu større. Der findes to typer af udenlandsk- ejede virksomheder: De virksomheder, der er grundlagt i Danmark og som siden er blevet overta- get af udenlandske virksomheder90 og de virksomheder, der er grundlagt som udenlandske virk- somheders danske (eller nordiske) hovedkvarterer.91

Til den første kategori hører Cobham Satcom, Satcom1, Flux, Garmin Danmark, SSBV-Rovsing, Spirent og Leica Geosystems Technology.92 Baseret på årsrapporter hos cvr.dk er det beregnet, at rumomsætningen for disse seks virksomheder er mindst 2 mia. DKK, og man kan med rimelighed antage, at alle de opkøbte virksomheder har haft væsentlige kompetencer, som større udenlandske virksomheder har ønsket at overtage sammen med adgangen til det danske marked.

* + 1. **Internationale tendenser**

I analysen af erhvervsmæssige danske styrkepositioner er det også brugbart at betragte de inter- nationale tendenser inden for rumindustrien og vurdere, hvorledes danske virksomheder er stillet i forhold til udnyttelsen af disse tendenser.

90 Kendt som brownfield FDI.

91 De såkaldte greenfield aktiviteter.

92 Bureau van Dijk, Zephyr database. Overtagelser siden 2000.

The Space Report93 opdeler rumrelateret økonomisk aktivitet baseret på kundens type – offentlig eller privat. I 2009 var 33 % af den økonomiske aktivitet drevet af offentlig efterspørgsel, men i de senere år er der sket et skift i retning af det private marked, og i 2014 var dette tal faldet til 24 %.

Dette skifte skyldes blandt andet en ny type af rumorganisationer benævnt **New Space**, som be- skriver et nyt, men hurtigt voksende globalt netværk af entreprenører, private virksomheder og organisationer, som besidder en eller flere af følgende karakteristika:94

* + - * Brug af **privat finansiering** (nogle gange støttet af offentlige udbud)
      * **Lav omkostningsbase** for at sikre konkurrencedygtige priser
      * **Innovativ udvikling** fra ’en blank side’, dvs. teknologisk udvikling uden hensyntagen til eksi- sterende metoder
      * **Trinvis udvikling** finansieret af kommercialisering af modeller med begrænsede, men fokuse- rede anvendelsesmuligheder
      * **Målrettet mod kommercielle markeder** som eksempelvis rige individer eller forbrugermar- kedet
      * **Lukrativt tilbagebetalingspotentiale** pga. høj efterspørgsel og stordriftsfordele

Et oprindeligt mål var at øge menneskets tilstedeværelse i rummet, men dette mål blev siden udvi- det til at dække kommercielle og samfundsmæssige mål (billig adgang til rummet, satellitbaseret bredbånd og kommunikation).

Skønt New Space indbefatter mange af de områder, hvor rumøkonomien udvikler sig, er der andre områder med relevans for Danmark. Disse er refereret og diskuteret nedenfor:

* + - * **New Space Age**

Takket være årtiers investeringer i forskning og udvikling, udforskning og konstruktion af infra- struktur er vi nu på vej ind i en ”New Space Age” – applikationernes tid. I kraft af udbredelsen af smartphones og satellitbaseret kommunikation har forholdet mellem den almindelige borger og rummet ændret sig mere i det seneste årti end i de fire foregående årtier tilsammen.

Danske virksomheder inden for rumapplikationer (eksempelvis flådestyring og satellit- kommunikation) har vist, at der er kompetencer til at udnytte de markeder, der åbnes.

* + - * **Værdikædens internationalisering**

Som alle andre økonomiske sektorer skal rumøkonomien tilpasse sig globaliseringen og sikre succes på trods af international konkurrence. Danske virksomheder har succes med at vinde kontrakter fra ESA, NASA og andre internationale rumagenturer. Internationaliseringen er en mulighed for danske virksomheder til at vokse og eksportere produkter og tjenester til hele verden.

Siden 2010 har danske virksomheder bidraget til satellitmissioner med ESA, NASA, EU- METSAT samt de japanske, russiske, canadiske, italienske og franske rumagenturer som kunder. Med mere end 90 % af eksporten af upstream-produkter og -tjenester samt fremstilling af brugerenheder er det tydeligt, at visse danske rumaktiviteter er godt stillet i forhold til at udnytte internationaliseringen i fremtiden.95 At mange danske rumvirksom- heder er ejet af udenlandske virksomheder, er et andet eksempel på, hvordan internatio- naliseringen påvirker Danmark.

93 Space Foundation (2015) *The Space Report 2015.*

94 Kilder: Space Frontier Foundation [http://spacefrontier.org/what-is-newspace/.](http://spacefrontier.org/what-is-newspace/) Lindsey, Clark S. "Defining NewSpace", Hobby Space <http://www.hobbyspace.com/NewSpace/index.html#Define>(begge tilgået: 15th October 2015).

95 DTU og Terma hjemmesider: <http://www.space.dtu.dk/Forskning/Projekter/Oersted_satellitten>og

[http://www.terma.com/space/terma-space-missions/.](http://www.terma.com/space/terma-space-missions/)

* + - * **Internet-of-Everything and Everywhere**

I fremtiden vil Internet-of-Things (IoT) skifte til Internet-of-Everything, hvor alle produkter forventes at være forbundet til internettet. Mange virksomheder har forsøgt at beregne marke- dets størrelse, og Cisco estimerer eksempelvis, at markedet kommer til at skabe værdi for $19 billioner over det næste årti.96 For at skabe værdi skal ’produktet’ være forbundet til internettet, og satellitkommunikation er uovertruffen til at skabe forbindelse rundt omkring på kloden.

Derudover gælder, at produkter der ved hvor de er (eksempelvis ved GNSS), kan skabe mere værdi.

Flådestyring er en af de mest udviklede IoT-applikationer, og danske virksomheder er væsentlige spillere på det hjemlige marked. Virksomheder, der fremstiller enheder til sa- tellitkommunikation som Cobham Satcom og Satcom1 (kommunikationsantenner til fly), er godt stillede til at udnytte det voksende IoT-marked.

* + - * **Small Satellite Revolution**

Udgifterne til transport af isenkram fra jorden til kredsløb beregnes baseret på vægt og er be- tragtelige. NASA beregner således, at det koster ca. 20.000 $ pr. kilogram at nå Low Earth Orbit.97 Med andre ord kan mange udgifter spares, hvis det er muligt at reducere satellitters vægt. Små og nano-satellitter som CubeSats gør det muligt at sende mange flere satellitter i kredsløb for den samme pris som en af de store, og innovative virksomheder som Planetlabs og SpaceX har planer om store konstellationer af små satellitter i de kommende år. I 2014 blev 191 satellitter mellem 1 kg og 100 kg opsendt – en stigning på 95 % i forhold til året før.98

GomSpace er et stærkt eksempel på en dansk spiller inden for CubeSats, og virksomhe- den kan få stor gavn af den stigende tendens til opsendelser af CubeSats. Aalborg Univer- sitet og DTU havde satellitter på den første opsendelse af CubeSats, og studentermiljøet på AAU har fortsat aktiviteten, senest med den opsendte satellit sammen med Sentinel 1- B, 25. april 2016.99 GomSpace blev startet af en del af det oprindelige team på den første satellit fra AAU.

## Forskning

Forskningsmæssige styrkepositioner kan vurderes på forskellige måder. I nærværende sammen- hæng fokuseres først og fremmest på tildeling af forskningsmidler, som en indikator for et områdes konkurrencemæssige evne til at tiltrække investeringer. Endvidere inddrages en bibliometrisk vur- dering af forskellige forskningsområders evne til at producere litteratur, hvilket også er en indikator på forskningsmæssig konkurrencekraft, da udgivelser bl.a. er afhængige af forskningsmidler, men også af konkurrence om optagelse i peer-reviewed tidsskrifter.

Nedenstående figur viser antallet af ESA-bevillinger til danske universiteter fordelt på forsknings- områder. Som det fremgår af figuren, er den største samlede volumen af ESA-bevillinger, med 233 bevillinger, tildelt forskningsområdet jordobservation, der således udgør et stærkt forskningsmiljø – men ikke i samme grad udnyttes kommercielt i erhvervsmæssige sammenhænge. Omvendt forhol- der det sig med de to stærkeste forretningsområder navigation og kommunikation, der med hhv.

15 og 2 bevillinger er tildelt et væsentligt lavere antal samlede bevillinger – især set i lyset af de- res omsætningsmæssige volumen som erhvervsområde.

96 Se [https://agenda.weforum.org/2014/01/are-you-ready-for-the-internet-of-everything/.](https://agenda.weforum.org/2014/01/are-you-ready-for-the-internet-of-everything/)

97 Angivet som 10.000$ pr. pund, <http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/background/facts/astp.html_prt.htm>

98 [https://next.ft.com/content/2ad23aca-e55a-11e4-bb4b-00144feab7de.](https://next.ft.com/content/2ad23aca-e55a-11e4-bb4b-00144feab7de)

99 Se <http://www.space.aau.dk/aausat4/>(tilgået 26. april 2016).

**Figur 22. Antal af ESA-bevillinger til danske universiteter 2000-2014, fordelt på forskningsområder**

Antal bevillinger 250

233

132

65

38

30

15

8

6

2

200

150

100

50

0

Earth

Science

Microgravity

Other

Technology

Navigation

Human

Space

Tele-

Observation

programmes

programmes

Spaceflight

Situational communications Awareness

(SSA)

Kilde: Rambøll og London Economics på baggrund af data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. danske aktiviteter i relation til ESA

Hvis blikket rettes mod den relative styrke mellem forskningsinstitutioner er det klare billede, at DTU hjemtager langt hovedparten af ESA-bevillingerne. Nedenstående figur viser således, hvordan ESA-bevillinger fordeler sig mellem danske universiteter i perioden 2000-2014, hvor man samlet set modtog 529 bevillinger. Heraf gik 464 bevillinger (88 pct.) til DTU, mens 40 (8 pct.) gik til KU og 20 (4 pct.) til AU. Billedet understøtter, at DTU udgør den væsentligste forskningsinstitution på rumområdet i Danmark. Omvendt skal man holde sig for øje at forskningsinstitutioner modtager bevillinger fra flere sider, og at disse tal således ikke tegner det fulde billede.

**Figur 23. Fordeling af de danske universiteters ESA-bevillinger, antal 2000-2014**

DTU KU AU AAU SDU

**40**

**20 4**

**1**

**464**

Kilde: Rambøll og London Economics på baggrund af data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. danske aktiviteter i relation til ESA.

Når man vurderer styrkepositioner inden for forskning er det meget væsentligt at være opmærk- som på, at man i Danmark har en relativt stærk sektorforskning på rumområdet, der i øvrigt ar-

bejder tæt sammen med virksomheder, myndigheder og andre forskningsinstitutioner. DMI er et godt eksempel på dette og udgør en væsentlig kritisk masse af professionelle fuldtidsforskere, der publicerer peer-reviewed artikler i konkurrence med deres kolleger fra eksempelvis DTU.

**5.3.1 Bibliometrisk gennemgang af danske bidrag til rumrelaterede tidsskrifter**

Følgende afsnit gennemgår antallet af danske artikler udgivet i 2014 i tidsskrifter med særlig rele- vans for rumområdet samt disse tidsskrifters relative popularitet.

**Metode**

Indledningsvis har forskere ved seks danske universiteter udpeget titlerne på de 10-15 mest rele- vante videnskabelige tidsskrifter for rumområdet. På baggrund af indberetningerne var det muligt at identificere 37 unikke tidsskrifter, som forskerne anså for særligt relevante. En fuldmægtig fra Forsknings- og Innovationsstyrelsen (FI) har herefter beriget bruttolisten med antallet af publikati- oner fra danske universiteter i de respektive tidsskrifter. Data for denne del af analysen stammer fra forskernes egne indberetninger til FI. Ydermere er hvert tidsskrift tildelt en Journal Impact Fac- tor (JIF) ved at konsultere Thomson Reuters Journal Citation Reports fra i år, hvor 2014- opgørelsen er den nyeste. JIF 2014 er udregnet ved at dividere antallet af gange, udgivelser fra det respektive tidsskrift fra 2012 og 2013 er citeret i 2014 med antallet af udgivelser fra det respektive tidsskrift udgivet i 2012 og 2013. JIF 2014 udtrykker derfor antallet af citationer en gennemsnitlig artikel i tidsskriftet, udgivet i enten 2012 eller 2013, har opnået i løbet af 2014. JIF er derfor en ofte anvendt indikator for tidsskrifters popularitet og videnskabelige indvirkning.

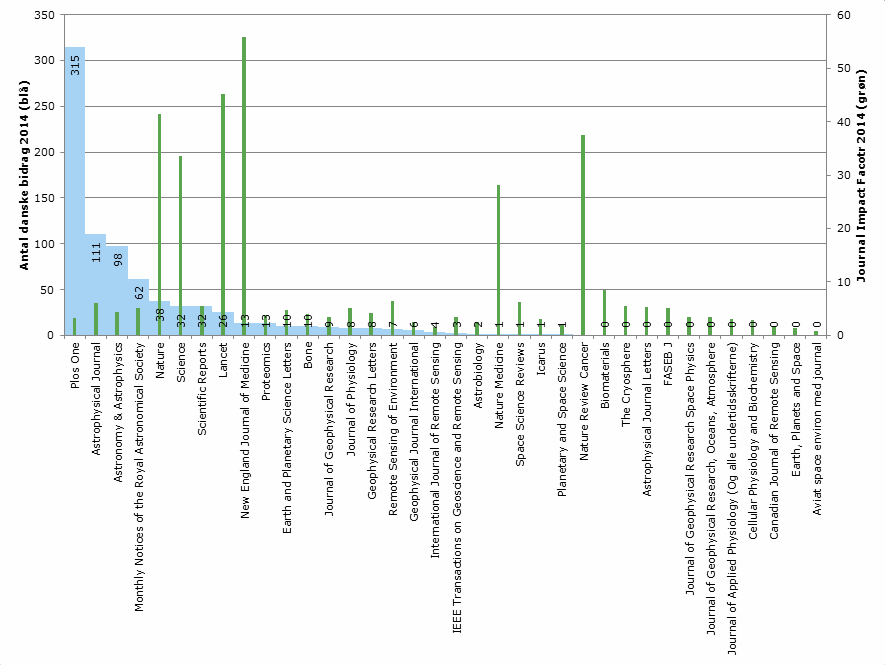
**Begrænsninger**

Ovenstående metode er tilstrækkelig til at give en bred indføring i dansk forsknings bidrag til rum- relaterede tidsskrifter, dog har metoden også begrænsninger. For det første er antallet af publika- tioner afhængig af, at forskerne har indrapporteret det korrekte antal publikationer. Såfremt for- skerne eksempelvis har glemt at indrapportere en udgivelse, er denne ikke medtaget i nedenstå- ende figur. Ydermere er antallet af publikationer alene det, der har udløst point i den bibliometriske forskningsindikator, hvorfor fejlbehæftede indrapporteringer ikke er medtaget i optællingen. For det tredje indeholder nærværende analyse samtlige danske udgivelser i de respektive tidsskrifter for 2014. Med ovenstående metode er det derfor ikke muligt at udtale sig om, hvor stor en andel af udgivelserne i et tidsskrift, der eksplicit relaterer sig til rumområdet. Denne begrænsning har sær- ligt betydning for tidsskrifter med et bredt fagområde, eksempelvis Nature, og må anses for at have mindre betydning i tidsskrifter, der alene beskæftiger sig med rumområdet.

**Resultater**

Nedenstående figur viser, at Danmark var repræsenteret i 24 af de i alt 37 tidsskrifter i 2014. I alt udgav Danmark 811 artikler i tidsskrifterne i 2014. Omtrent halvdelen, 53 %, af udgivelserne er fordelt på Plos One (315 udgivelser) og Astrophysical Journal (111 udgivelser). JIF 2014 indikerer, at relativt til de øvrige tidsskrifter rangerer disse to tidsskrifter lavt, idet deres JIF udregnes til at være henholdsvis 3,3 og 6. Gennemsnittet for alle 37 tidsskrifter er en JIF på cirka 10. Med andre ord er det forventeligt, at såfremt udgivelserne følger det gennemsnitlige antal citationer af tids- skrifterne i de foregående to år, vil hovedparten af de danske udgivelser citeres i omegnen 3-6 gange i 2016.

New Englang Journal of Medicine havde med en JIF-værdi på 55,8 det højeste antal gennemsnitlige citationer for 2014. I dette tidsskrift udgav Danmark 13 artikler i løbet af 2014. Til sammenligning udgav Danmark 26 artikler i Lancet, der havde en JIF på 45,2 samt 38 artikler i Nature med en JIF på 41,4. Danmark udgav altså 9. flest artikler i det tidsskrift med relativt flest gennemsnitlige cita- tioner pr. artikel for 2014, og samtidig publicerede vi flest artikler i det tidsskrift med 27. flest gen- nemsnitlige citationer per artikel. Ovenstående tendens skal naturligvis læses i lyset af, at det alt andet lige er sværere at udgive artikler i de mest citerede tidsskrifter.

**Figur 24. Danske bidrag til rumrelaterede tidsskrifter**

Kilde: Rambøll og London Economics

På trods af at JIF er et simpelt mål for tidsskrifternes betydning i den videnskabelige verden, er det interessant at omregne ovenstående figur, således at forholdet mellem antal udgivelser og JIF fremstår mere klart. Nedenstående figur udtrykker derfor den forventelige videnskabelige indvirk- ning af udgivelserne i 2014 (målt i antal citationer) fordelt på videnskabelige tidsskrifter. Figuren bygger på en antagelse om, at udgivelserne i 2014 vil opnå samme antal gennemsnitlige citationer, som udgivelserne fra samme tidsskrifter modtog i 2012 og 2013.

Figuren nedenfor viser, at såfremt ovenstående antagelser holder, vil den danske forskning i rum- relaterede tidsskrifter have størst indvirkning (målt i antal citationer) via vores publikationer i Na- ture, da disse forventeligt vil udgøre 21 % af de citationer, som de 811 artikler vil opnå. Publikati- oner i Lancet, Science og Plos One vil tilsammen udgøre lidt over fire tiendedele af citationerne.

Endelig vil vores udgivelser i New England Journal of Medicine, Astrophysical Journal samt Astro- nomy & Astrophysics tilsammen stå for i omegnen af en fjerdedel af citationerne.

**Figur 25. Forskningsmæssig indvirkning (målt på forventede antal citationer) fordelt på tidsskrifter for 2014 udgivelser**

Andre 11%

Astronomy & Astrophysics 6%

Astrophysical Journal

9%

New England Journal of Medicine 10%

Nature 21%

Lancet 16%

Plos One 13%

Science 14%

Kilde: Rambøll og London Economics

## Myndighederne

Det er ikke oplagt at sammenligne myndigheders indbyrdes konkurrencemæssige styrkepositioner, da myndighederne administrerer og koordinerer et givent ressortområde og dets rumrelaterede aktiviteter. I nærværende sammenhæng giver det derfor mere mening at sammenligne centrale myndigheder på rumområdet ift. to dimensioner, som i kortlægningen har vist sig at differentiere myndighedernes forretningsmæssige fokus på rumrelaterede aktiviteter.

Den første dimension, som differentierer myndigheder, er deres fokus at servicere andre myndig- heder eller slutbrugere i markedet, dvs. borgere eller virksomheder. Eksempelvis er DMI relativt fokuseret på markedet idet, man på den ene side skal levere specialiserede vejrprognoser til andre myndigheder, mens man på den anden side også leverer prognoser direkte til borgerne og virk- somheder.

Den anden dimension differentierer myndighederne alt efter, om deres ydelser er specifikt relevan- te for bestemte ressortområder, forskningsfelter eller erhvervsområder. Eksempelvis er Forsvars- ministeriets ydelser primært rettet mod forsvars- og sikkerhedspolitiske aktører og problemstillin- ger, mens Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering arbejder mere generelt med at udvikle datadelingen inden for eksempelvis satellitbaserede data mellem myndigheder og ressortområder.

Baseret på kvalitative interview og gennemgang af dokumenter mv. i forbindelse med kortlægnin- gen er en række deltagende myndigheder plottet ind i nedenstående figur på de to dimensioner. Ud fra et deskriptivt perspektiv er myndighedernes konkrete placering selvfølgelig interessant. Men det der – ift. styrkepositioner – er interessant, er, i hvilket omfang de enkelte myndigheder udfyl- der deres rolle tilstrækkeligt – og hvad der har betydning herfor. På baggrund af kortlægningen (herunder interview og research) kan der ikke drages håndfaste konklusioner om, at bestemte myndigheder i større eller mindre omfang udfylder deres bestemte rolle. Men man kan konkludere noget om, hvilke faktorer der har betydning for, om myndighederne er stærke eller svage i deres positioner. En central tendens på tværs af interview og inddragelse af myndigheder er fx, at man ønsker at blive endnu bedre til datadeling af fx satellitbaserede billeder, ligesom man på nogle områder kan have nytte af endnu højere kvalitet eller produktionshastighed.

**Figur 26. Fokus i rumrelaterede aktiviteter for myndigheder, der indgår i kortlægningen**



Fokus på marked

Specialiseret ydelser Generelle ydelser

Fokus på myndigheder

Kilde: Rambøll og London Economics

**DTU Space – rammeaftaler med myndighederne**

DTU Space leverer forskningsbaseret rådgivning og anden form for myndighedsbetjening til flere forskellige styrelser og ministerier. Et gennemgående træk er, at instituttet gør det muligt for de pågældende myndigheder at få gavn af satellitter og andre rumbaserede systemer.

DTU løfter eksempelvis en række forsknings- og rådgivningsopgaver på geodæsiområdet i regi af en rammeaftale mellem DTU og Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. Under rammeaftalen samarbejder DTU Space med Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, som blev dannet den

* + 1. januar 2016, efter at den tidligere Geodatastyrelse blev splittet i to. Styrelsen er ansvarlig for infrastrukturen til geografisk information samt referencenet, opmåling og kortlægning i Danmark, Færøerne og Grønland. Et centralt led i samarbejdet er DTU Spaces forskningsbaserede rådgivning i forbindelse med varetagelse og udvikling af referencenettene. Herudover varetager DTU Space en række opgaver inden for databehandling og dataindsamling, blandt andet centreret om instituttets forskning i geodæsi.

Herudover har DTU i de seneste år været involveret i en række projekter med Forsvaret, hvor sær- ligt støtte fra DTU Space til Forsvarets analyse af fremtidig opgaveløsning i Arktis, herunder mulig- hederne for satellitbaseret overvågning, har givet anledning til at drøfte muligheden for at udvide samarbejdet til flere områder. Desuden kan nævnes DTU’s samarbejde med DMI, hvor DTU leverer satellitdata, der angiver hvor store mængder havis der er udbrudt og hvor meget isen har flyttet sig. Når DTU har nedtaget og behandlet data, benyttes de af DMI’s istjeneste, der udarbejder iskort for de grønlandske farvande, primært til brug for skibsfarten.

# NUVÆRENDE OG FREMTIDIGE KOMMERCIELLE ANVEN- DELSESMULIGHEDER

Nærværende kortlægning har understreget, at der endnu findes store uudnyttede potentialer på rumområdet. Rumaktiviteter er ikke blot en fjern og eksklusiv klub for en lille skare virksomheder og en samling dedikerede forskere. Rumforskning rækker meget videre, og gennem et øget kend- skab til udnyttelse af satellitbaserede tjenester står mange danske virksomheder med muligheden for både at øge deres indtjening og skabe nye arbejdspladser. Med afsæt i den forudgående kort- lægning og vurderingen af de danske styrkepositioner på rumområdet, afsøges i dette kapitel både nuværende og fremtidige kommercielle anvendelsesmuligheder.

## Navigation

Inden for navigation er særligt identificeret potentialer for de brancher, der beskæftiger sig med transport til lands, til vands og i luften. Her giver udnyttelse af nøjagtige satellitnavigation mulig- heder for forbedret flådestyring og ruteplanlægning, og der foregår i dag en del aktivitet i forbin- delse med udarbejdelse af mere relevante prognoser – eksempelvis for den optimale vej over At- lanten.

Anvendelsesmulighederne for GNSS favner dog bredt. I tabellen nedenfor eksemplificeres en række mulige anvendelsesområder, som i større eller mindre grad udnyttes i dag.

**Tabel 12. Eksempler på anvendelse af GNSS og beskrivelse af gevinster**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Gruppe** | **Applikation** | **Beskrivelse** |
| **Borgere** | Smartphones, bilnavigation, tablets, fitness trackere, bilforsikring | Borgere anvender GNSS i biler og smartphones til navigation i bilen, men også til fods og til at vælge offentlige transportmuligheder. Ud over kommerciel anvendelse kom- mer hertil samfundsøkonomiske gevinster ved tidsbesparelser for brugere, reducerede miljøeksternaliteter og reddede liv.100 Fitness trackere (både apps og dedikerede ap- parater) hjælper motionister med at træne mere effektivt og monitorere fremgang.  Mange forsikringsselskaber kræver, at borgere installerer en GNSS-tracking-enhed i dyre biler. I andre lande (navnlig Italien og Storbritannien) reducerer forsikringssel- skaber præmien for de kunder der kører sikkert, en viden der erhverves ved frivillig installation af GNSS-bokse. |
| **Vej- trans- port** | Flådestyring, navigation, smart tacho- graph, vejaf- gifter | Logistikvirksomheder sparer store beløb ved øget effektivitet. Flådestyring tillader hovedkvarteret at monitorere hvor alle lastbiler er, og dermed reagere hurtigere og mere effektivt på nye ordrer eller informere om trafikuheld mv. Smart tachograph er den næste generation af lastbilers fartskrivere og bliver GNSS-baseret, så det bliver meget sværere at overtræde kørehviletidsbestemmelserne, Europa-Kommissionen estimerer, at køretøjer der overtræder reglerne årligt, laver skader for 2,8 mia. euro i EU.101 Smart tachograph er også en fordel for vognmænd, der kan rapportere kørebø- ger mere effektivt. Endelig er vejafgifter baseret på GNSS markant billigere end andre løsninger, fordi der skal bruges færre gates og vedligeholdelsen er billigere. |

100 Danmarks officielle 112-app bruger eksempelvis GNSS-modtageren i den telefon, der ringer efter hjælp, til at sikre, at de nærmeste redningstjenester sendes ud. Ydermere er der eksempler på, at andre brugere af app’en er blevet mobiliseret, hvis de har været tæt på. Se <http://www.112app.dk/>for mere information.

101 COMMISSION STAFF WORKING PAPER - SUMMARY OF THE IMPACT ASSESSMENT, Accompanying the document, "PROPOSAL FOR A

REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL" amending Council Regulation (EEC) No 3821/85 on recording equipment in road transport and amending Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and the Council, 2011.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Gruppe** | **Applikation** | **Beskrivelse** |
| **Jern- bane- trans- port** | Signalinfra- struktur og lokomotivfø- rervejled- ningssystemer | GNSS kan anvendes (sammen med andre teknologier) til at monitorere, hvor alle tog er. Derved er det muligt over tid at erstatte den dyre signalinfrastruktur ved bane- legement med billigere GNSS-baserede systemer. Det kan spare Banedanmark for mange penge. Lokomotivførervejledningssystemer (eksempelvis fra danske Cubris) sparer DSB bremseslid og køreenergi (6 % til 8 %) og har forbedret DSB’s punktlig- hed (fra 92 % til 95 %).102 Vejledningssystemerne kan derudover øge kapaciteten på banelegement med mellem 5 % og 15 % ved at tillade, at togene kører tættere.103 |
| **Luft- trans- port** | Landingspro- cedurer | EGNOS giver mere troværdighed til det korrigerede GNSS-signal og tillader landing ved svære vejrbetingelser. Dette sparer brændstof, miljøeksternaliteter og passage- rernes tid. Nogle danske lufthavne har implementeret EGNOS-baserede anflyvnings- procedurer, og der er dansk deltagelse i de internationale grupper, der arbejder med den videreudvikling af GNSS til luftfart, som måske på sigt kan erstatte dyrere kon- ventionelle teknologier. |
| **Vand- trans- port** | Transport og passagerskibe | GNSS bruges til at udstikke og følge den bedste kurs. Rederier kan spare mandskab og brændstof ved at bruge GNSS-baserede autopiloter. I havne bruges GNSS med lokal augmentationssystemer til at navigere skibe på plads på den rette kaj, og lodser bruger GNSS til at manøvrere skibe. |
| **Redning** | ELT, PLB, EPIRB m.fl.104 | Redningsudstyr, der sender GNSS-position gennem COSPAS-SARSATs infrastruktur til de relevante redningstjenester, når de aktiveres, reducerer søgefeltet kraftigt. Galileos Search and Rescue-service er defineret med Return-Link-Service, med hvilket det bliver muligt for redningstjenesten at sende et simpelt signal retur til den nødstedte om at hjælp er på vej. |
| **Land- brug** | Præcisions- landbrug | Landbruget er en vigtig bruger af GNSS. En spørgeskemaundersøgelse med 6.000 respondenter i marts 2013 viser, at 18 % af landbrug bruger GNSS (herunder EGNOS og kommercielle augmenteringssystemer som real-time kinematics (RTK) og Omni- Star, som er Trimbles system.105 GNSS anvendes til at reducere den tid der bruges på marken, overvåge udbytte samt reducere og målrette spredningen af pesticider og gødning. Samlet bidrager GNSS til store besparelser på input og reducerer landbru- gets miljømæssige skadevirkninger. Høj nøjagtighed kræves til aktiviteterne og kan sikre, at traktorspor altid er samme sted på marken, hvilket sikrer, at traktorens ska- devirkninger på jorden begrænses mest muligt. |
| **Land- måling** | Bygge og anlæg, olie og gas, måling og kortlavning | GNSS med høj præcision bruges i bygge- og anlægsbranchen til at sikre, at al aktivitet peger i samme retning. Ved anlæg af veje, for eksempel bruges GNSS med RTK til at sikre, at arbejdere fra begge sider mødes på det rigtige sted. GNSS anvendes også til monitorering af høje bygninger og broer, hvor præcise målinger kan give indikationer om modstandsdygtighed over for vejret og fortælle operatører om presserende vedli- gehold. Olie og Gas-sektoren anvender GNSS til at holde styr på geologiske undersø- gelser af havbunden, mens landmålere sparer megen tid, fordi kravet om at alle appa- rater skal kunne se hinanden ikke længere gælder. |

102 <http://www.cubris.dk/>(tilgået 19. april 2016)

103 <http://www.transrail.se/cato.php?lang=en>(tilgået 6. maj 2016)

104 Emergency Locator Transmitters (til fly), Personal Locator Beacons (til personer på skibe eller i ødemarken) og Emergency Position Indicating Radio Beacon (til skibe)

105 Videnscenter for Landbrug (2013) *Uptake of GNSS technology amongst Danish farmers,* tilgængelig her:

<http://www.slideshare.net/jenspeterhansen/uptake-of-gnss-technology-amongst-danish-farmers-23397745>(tilgået 19. april 2016)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Gruppe** | **Applikation** | **Beskrivelse** |
| **Timing** | Finansielle transaktioner, energinet- værk, tele- kommunikati- on mv. | Fordi alle GNSS-satellitter er udstyret med præcise ure, er det muligt at beregne den lokale tid med atomurspræcision. Handelscentre til finansielle transaktioner, hvor det præcise tidspunkt kan have stor betydning for den pris der skal betales, anvender i vid udstrækning GNSS-baseret tid til at sikre den rigtige tid. I mange lande anvendes GNSS også til at sikre, at tiden i kontantautomater er korrekt. Energinetværk bruger Phasor Measurement Units til at overvåge netværket og kan finde kilden til pludselige spændingsudsving eller lignende ved at undersøge, hvornår udsvinget er observeret på hver station. Telekommunikationsnetværk anvender GNSS til at sikre, at netværket er synkroniseret bedst muligt og dermed har den højeste kapacitet. Storebæltsforbin- delsen anvender endvidere GNSS-baseret synkronisering, som er installeret af danske Black Box A/S106 |

Kilde: Rambøll og London Economics.

Ud over ovenstående eksempler bidrager de to nedenstående cases med illustrative beregninger på mulige besparelser og øget indtjening ved brug af GNSS.

* + 1. **Case: Forsyningsledninger – klarhed om egen og ledningers placering**

I Danmark er forsyningsledninger til vand, el og gas som oftest gravet ned. Før der påbegyndes nyt gravearbejde, eksempelvis i forbindelse med vejarbejde, er det vigtigt at undersøge, om der ligger nedgravede forsyningsledninger i det pågældende område. Rambøll har tidligere foretaget større analyser af det danske forsyningsnetværk. I denne forbindelse blev der kortlagt i omegnen af 26.000 graveskader årligt på ledningsnetværket.

En af årsagerne til de mange graveskader er, at der er uklarhed om egen placering og ledningernes nøjagtige beliggenhed. En norsk undersøgelse har vist, at knap 30 pct. af graveskaderne i Norge skyldes fejlagtige ledningsoplysninger107. I Danmark opbevarer Ledningsejerregistret (LER) oplys- ninger om de nedgravede forsyningsledningers ejere.

Formålet med LER er at undgå graveskader ved at sikre, at graveaktører kan komme i kontakt med ledningsejere og derved få information om ledningernes beliggenhed. Derudover kan brugen af GPS også medføre, at gravemaskiner kan bruges til en meget større del af gravearbejdet. I dag er man nødsaget til at udføre en del af gravearbejdet uden maskiner på grund af uklarhed om place- ringen.

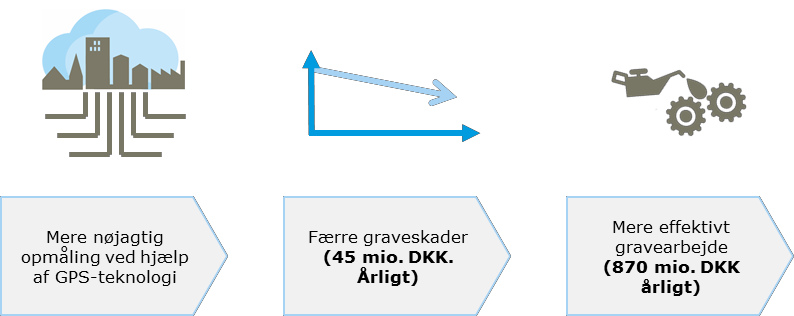
Brugen af GPS-teknologi kan optimere gravearbejdet på to måder. For det første kan GPS-data lede til en reduktion i antallet af graveskader. På baggrund af tidligere analyser af graveskader på ledningsnettet vurderer Rambøll, at cirka 20 % af omkostningerne forbundet med graveskader kan spares ved at have en bedre klarhed af egen og ledningernes placering. Brugen af GPS til lokalise- ring af ledninger og egen placering giver på den måde en besparelse på 45 mio. DKK årligt.

For det andet kan brugen af GPS-teknologi tillade gravkøer at grave mere præcist og tættere på forsyningsledninger. På baggrund af tidligere analyser har Rambøll kortlagt, at der cirka foretages

110.000 graveopgaver om året i Danmark. Disse graveopgaver varer i gennemsnit 100 timer og er vurderet til at have en timepris på 1.600 DKK. Et konservativt estimat baseret på Rambølls tidlige- re analyser ledningsnettet er, at en mere præcis brug af gravemaskiner kan nedbringe gravetiden med 5 %. Dette svarer til en potentiel besparelse på 870 mio. DKK årligt.

106 Black Box A/S (udateret) *Ikke et sekunds afvigelse på Storebælt*, tilgængelig her: <https://www.blackbox.dk/_AppData/cms/file/AS%20storeb%C3%A6lt.pdf>(tilgået 19. april 2016)

107 Kilde: Rapport fra arbeidsgruppe graveskader, 2. nov. 2015, Norge.



Det er i denne sammenhæng væsentligt at bemærke, at grundlaget endnu ikke er fuldt tilstedet for at der kan etableres et digitaliseret og præcist ledningsnet. Realiseringen af de ovenfor beskrevne potentialer kræver dette grundlag.

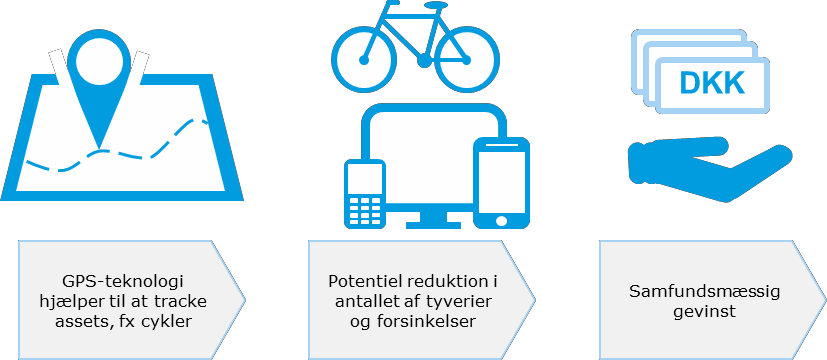
* + 1. **Case: Asset-tracking - reduktion af tyveri**

Små GPS-sendere og chips gør det muligt at spore værdigenstande ved hjælp af GPS. Dette kaldes også for asset-tracking. Asset-tracking kan potentielt reducerer antallet af stjålne genstande som ikke genfindes. Derudover kan asset-tracking også have en præventiv effekt på antallet af tyverier. For eksempel vil asset-tracking gøre det muligt at forhindre igangværende cykeltyverier eller efter- sætte cykeltyvene ved at koble cyklens tracking-enhed med en app på ejerens smartphone, som giver ejeren besked, hvis cyklen bevæger sig, uden at ejeren er i nærheden. Dermed er ejeren i stand til umiddelbart at tilkalde politiet.

I 2014 blev der anmeldt 48.651 cykeltyverier til forsikringsselskaberne (kilde: Forsikring og Pensi- on). I samme periode udbetalte forsikringsselskaberne i gennemsnit 3.918 DKK pr. cykel. Undersø- gelser fra Holland har vist, at brugen af asset-tracking har reduceret antallet af stjålne cykler med cirka 40 pct. Denne reduktion i antallet af cykeltyverier svarer til et årligt samfundsøkonomisk po- tentiale på **76 mio. DKK.** Lignende mærkning kan anvendes til værdigenstande i hjem eller som- merhuse.

Nogle værdigenstande er lettere at omsætte for kriminelle, eksempelvis elektronik og designer- møbler. I 2014 blev der udbetalt cirka 926 mio. DKK i forsikring for indbrud i hjem og sommerhu- se. En international undersøgelse viser, at mærkning af værdigenstande har en reducerende effekt på tyveri på 1,9 pct.108 Dermed kan mærkningen af private værdigenstande potentiel lede til en årlig samfundsgevinst svarende til ~**18 mio. DKK.**

108 Prevention of marking: Property Marking: a deterrent to domestic burglary.



I 2008 skønnede Dansk Byggeri, på baggrund af en mindre spørgeskemaundersøgelse, at der hvert år bliver stjålet for omkring 600-650 mio. DKK på de danske byggepladser109. Udgifter til at erstatte de stjålne materialer udgør ifølge organisationens skøn omkring 60 pct. af tabet, mens de reste- rende 40 pct. skyldes ekstra omkostninger i form af forsinkelser, ekstra arbejde etc., der følger, når nymonterede køkkenelementer, brændstof eller værktøj forsvinder fra byggepladserne. Særligt gravemaskiner og andet større materiel kan med fordel trackes ved hjælp af GPS. Hvis vi antager at samme reducerende effekt som fundet ved mærkningen af værdigenstande, kan asset-tracking lede til en samfundsøkonomisk gevinst på **12 mio. DKK årligt** i reduktionen af tyveri fra bygge- pladser.

## Jordobservation

Den kommercielle anvendelse af jordobservation har endnu ikke nået det samme niveau som de andre satellitteknologier. Brugen af satellitbilleder er således primært samlet i aktiviteter, der pri- mært sigter mod den offentlige sektor, men der er væsentlige undtagelser. [Tabel 13](#_bookmark49) viser en over- sigt over applikationer af JO-data i både privat og offentligt regi. Hovedparten af applikationerne er ikke-kommercielle.

**Tabel 13. Eksempler på anvendelse af jordobservation (JO) og beskrivelse af gevinster**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Gruppe** | **Applikation** | **Beskrivelse** |
| **Landbrug (kommer- ciel)** | Monitorering af afgrøders helbred og udbytte | Landmænd anvender JO til at indsamle viden om afgrødernes helbred og dermed beregne forventet udbytte. Sammen med præcisionslandbrugsteknologi baseret på GNSS kan den erhvervede viden bruges bruge den rette mængde gødning, så planterne opnår samme størrelse. Se afsnit [6.2.1](#_bookmark50) for mere information. |
| **Beredskab og humani- tær indsats** | Hurtig indsamling af information | JO-data bruges til at skabe overblik over naturkatastrofer og giver uundværlige data, der giver beredskabet mulighed for at målrette indsatsen i krisesituationer både nationalt og som del af udviklingshjælpen. *Ikke kommerciel anvendelse*. |
| **Klimafor- andringer** | Skovdække, is- dække, havstig- ning | Data anvendes af forskere, som kan få bedre indsigt i isdækket ved polerne, CryoSat og CO2-absorption i skove. Muligheden for at følge disse og andre para- metre over tid øger præcisionen af beregninger. *Ikke kommerciel anvendelse.* |
| **Udvikling og samar- bejde** | Fødevaresikker- hed og landdæk- kende måling | Bedre mulighed for at overvåge fødevaresikkerhed i ulande og dermed varsle og forebygge hungersnød. Overvågning af træfældning og ørkenspredning i næsten realtid giver mulighed for at modvirke ændringer. *Ikke kommerciel anvendelse.* |
| **Energifor- syning** | Placering af energikilder samt  -forbrug | JO kan forbedre beslutningen om, hvor vind-, bølge-, sol- og andre energikilder placeres bedst baseret på oplysninger om vejr, hav og luftstrømme. Derudover kan varmetab beregnes vha. JO-data, så det er muligt at optimere bygninger. JO bruges til identificering af naturligt olieudslip, der informerer beslutninger om prøveboringer. |

109 <http://www.business.dk/ejendom/tyveri-og-haervaerk-paa-byggepladser>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Gruppe** | **Applikation** | **Beskrivelse** |
| **Miljø** | Overholdelse af landbrugslove, kystsikring | Ud over de anvendelser der er diskuteret i klimaforandringer, anvendes JO til monitorering af kysterosion og til at overvåge, om landbrug og fiskere overhol- der gældende regler (fx gennem tracking af fiskere). *Ikke kommerciel anvendel- se.* |
| **Sundhed** | Overvågning af luft- og anden forurening | JO-data kan bruges til at beregne luftforurening og tillade, at der gøres noget ved det. Kan algevækst observeres fra rummet, og badestrande lukkes som følge deraf. *Ikke kommerciel anvendelse.* |
| **Forsikring** | Vurdering af ska- der og præmie- beregning | Skader ved oversvømmelser kan vurderes vha. JO-data, og en bygnings risiko- profil i forhold til oversvømmelse kan beregnes. |
| **Marineøko- nomien** | Havmiljø- overvågning | Kendskab til havmiljøet giver mulighed for at udvikle lovgivning, der kan modvir- ke udfald. *Ikke kommerciel anvendelse.* |
| **Turisme** | Kysterosion, sne- dække og bade- vand | Som nævnt andetsteds; overvågning af algevækst kan forebygge sygdom, også blandt turister, og snedække og kysterosion er vigtige parametre for mange turistdestinationer i ind- og udland. *Ikke kommerciel anvendelse.* |
| **Lufttrans- port** | Luftstrømme, vulkanudbrud | Måling af luftstrømme er af væsentlig betydning for fastlæggelse af flys ruter, som sparer brændstof. Derudover var det JO-data, der blev brugt til overvågning af askeskyen fra den islandske vulkan Eyjafjallajökull i 2010. |
| **Havtrans- port** | Havstrømme | Tilsvarende lufttransport har havstrømme stor betydning for skibes brændstof- forbrug, så god information herom er vigtig for rederier. |
| **Landtrans- port** | Kortlægning af offentlig transport | European Environment Agency har kortlagt offentlige transportmuligheder i en række europæiske byer og fundet, at i København har den største andel af be- folkningen ”meget stor” adgang til offentlig transport.110 *Ikke kommerciel anven- delse.* |
| **Sikkerhed** | Suverænitets- hævdelse | JO-data er en billig måde at overvåge et lands grænser og sikre, at landets suve- rænitet ikke kompromitteres af skibe, køretøjer eller grupper af individer. *Ikke kommerciel anvendelse.* |
| **Byplanlæg- ning** | Detaljeret kort- lægning af land- dække | Overvågning af jordoverfladens komposition giver mulighed for beregning af vandafløb i tilfælde af nedbør og hjælper byplanlæggere med at beslutte, om der er tilstrækkeligt med grønne områder mv. *Ikke kommerciel anvendelse.* |
| **Landmålere og karto- grafer** | Kortlægning | Landmålere og kartografer kan bruge JO-data til at producere kort, og private virksomheder anvender satellitdata, for eksempel til Google eller Bing maps. |

Kilde: Europa-Kommissionen (2015) *Copernicus Brochure*, <http://www.copernicus.eu/main/brochure>samt London Economics’ supplement.

De seneste års udvikling i kvaliteten af satellitbilleder er bemærkelsesværdig. Opløsningen i satel- litbillederne er i dag så høj, at data, der tidligere er indsamlet via fly, skibe eller fra landjorden, i dag i vid udtrækning kan afløses af satellitdata. Disse satellitter bruger helt ned til halvanden time på at komme en tur rundt om jorden, hvilket giver danske virksomheder helt nye muligheder.

En branche, der allerede i dag udnytter rumteknologiens potentialer, men til stadighed udforsker nye kommercielle anvendelsesmuligheder, er landbruget. SEGES og NaturErhvervstyrelsen købte i 2015 i fællesskab programmet CropSAT, der er et program på nettet, som de svenske landmænd har haft adgang til de seneste to år. Ideen med købet af programmet, som siden 19. januar har været stillet gratis til rådighed på nettet, er bedre udnyttelse af de informationer, der er i satellit- billeder – og derved skabe merværdi for dansk landbrug. Forventningen er, at satellitdata kan blive udgangspunkt for positionsbestemt tilførsel af kvælstof, overvågning af tilvækst på markerne mv.

110 Hans Dufourmont, EEA, Copernicus Land Monitoring Services & Hugo Poelman, REGIO-GIS DG Regional and Urban Policy (2014)

*Measuring access to public transport in European cities*. Præsentation ved European Space Solution 2014.

Nedenstående case illustrerer med indikative beregninger de potentielle besparelser, der kan opnås i branchen.

* + 1. **Case: Landbrug – billigere og renere produktion**

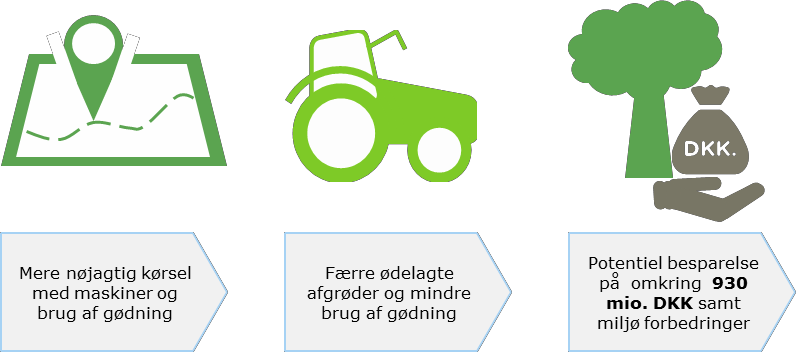
For at maksimere udbyttet af deres produktion bruger danske landmænd adskillige ressourcer på gødning og sprøjtegifte. Brugen af både gødning og sprøjtegifte kan potentielt optimeres ved brug af nøjagtige GPS-informationer og satellitbilleder. Denne reduktion vil både være til gavn for land- mænd og andre (miljøet). Helt konkret vil satellitteknologi potentielt forbedre landbruget på to områder.

I afgrødeproduktionen anvender landmændene store landbrugsmaskiner, for eksempel mejetær- skere og traktorer. I dag kan kørslen med landbrugsmaskinerne ikke undgå at lede til skader på afgrøderne og dermed tabt produktion. Dette problem kan undgås ved at styre landbrugsmaskiner ved hjælp af GPS-teknologi. Denne type systemer kaldes også Controlled Traffic Farming (CTF) og er så småt begyndt at vinde indpas i landbrugssektoren.

Derudover kan landbrugets forbrug af gødning også reduceres ved hjælp af satellitteknologi. I dag spreder landmanden gødning ud på markerne uden at have et klart billede af planternes konkrete behov. Ved at anvende satellitbilleder af markederne kan landmanden målrette gødningsmængden, så den passer planternes behov. Dette betyder, at bestemte dele af den samme mark kan have vidt forskellige gødningsbehov. Ved at målrette gødningen kan landmanden omfordele gødningen med henblik på at optimere udbyttet. Denne teknologi kaldes også for Variable Rate Technology (VRT).

Landbrugsorganisationen SEGES skønner på baggrund af beregninger af potentielle gevinster ved at graduere doseringen af planteværnsmidler, at den samlede gevinst ved brug af teknologien vil udgøre 380 DKK pr. hektar. I Danmark er der 38.829 landbrug med en gennemsnitlig størrelse på 62,9 hektar (kilde: Danmarks Statistik). Med afsæt i disse grundoplysninger, svarer det til en årlig samfundsøkonomisk besparelse på omkring 930 mio. DKK for de danske landbrug.

Ud over de direkte besparelser for de danske landbrug vil reduktionen i brugen af gødning og sprøjtegifte også medfører miljøforbedringer. En reduktion af gødnings- og sprøjtemængde kunne for eksempel medføre renere drikkevand.

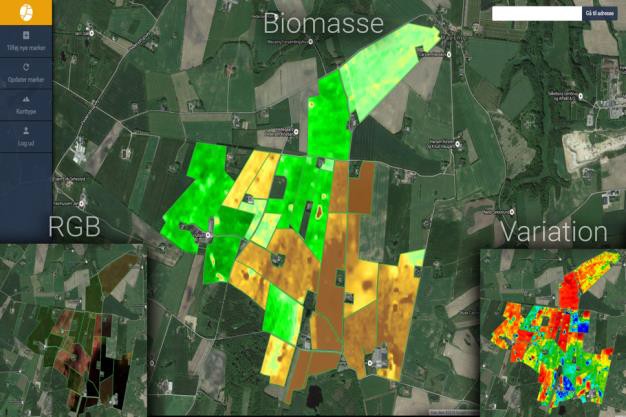


**FieldSense - Nem overvågning af afgrøder ved brug af jordobservation111**

FieldSense er en applikation til web, smartphone og tablet, der ved hjælp af jordobservation gør det muligt for landmænd og planteavlskonsulenter at overvåge afgrøders biomasse. Applikationen muliggør, at problemer kan behandles tidligt i vækstsæsonen. Det betyder, at brugerne vil:

* + - * Spare penge ved at reducere deres brug af gødning og pesticider.
      * Spare tid ved at overvåge deres afgrøder mere effektivt
      * Øge deres fortjeneste ved at formindske tab grundet uopdagede sygdomme i afgrøderne

Applikationen bruger den nyeste teknologi inden for jordobservation (højopløsningsbilleder fra Sentinel-2A og -2B satellitter samt Landsat 8) kombineret med algoritmer til at måle planters fotosyntetiske aktivitet. På baggrund af jordob- servationerne genereres biomassekort, der med høj præcision indikerer markens helbredstil- stand. Dette illustreres herefter grafisk ved hjælp af farver – se eksemplet nedenfor. De mørke og brune farver indikerer en tilstand, hvor afgrødens vækst er lav; de lyse og grønne farver indikerer høj vækst.



Kilde: [www.fieldsensapp.com](http://www.fieldsensapp.com/)

FieldSense leverer på nuværende tidspunkt billeder, hvor hver pixel repræsenterer et areal på 30x30 og op til 10x10 meter. I 2018 forventes applikationen at levere billeder på daglig basis med langt højere opløsning (højere end 10x10 meter), således at præcisionslandbrug bliver nemt, til- gængeligt og pålideligt. Den historiske visning af billeder i applikationen gør det dertil muligt at se biomassekort fra 2013 og frem.

I 2016 er virksomheden bag FieldSense, Ceptu, udvalgt til Innovationsfondens Iværksætterpilot- ordning. Virksomheden har i 2016 også modtaget en bevilling fra Innovationsfondens InnoBooster- investeringsprogram. I 2014 vandt FieldSense app-konkurrencen Space App Camp samt Coperni- cus CloudEO Master Farming Challenge, som Det Europæiske Rumagentur (ESA) står bag.

Kommercialiseringspotentialet i danske såvel som i udenlandske landbrugsindustrier er stort, idet virksomheden i den nærmeste fremtid vil have større fokus på at automatisere detekteringen af plantesygdomme. Dette gør det muligt at diagnosticere afgrøde-relaterede problemer på stor ska- la, før synlige symptomer optræder. Tidlig detektering af plantesygdomme resulterer i tidlig be- handling, hvilket nedsætter omfanget af omsåning og derved udbyttetab. Det skønnes, at omkost- ningerne i 2015 i Danmark i forbindelse med omsåning af vinterhvede og vinterbyg pga. plante- sygdommen havrerødsot var op mod 150 mio. DKK. Bemærk, at dette skøn ikke tager højde for udbytte tab og omkostninger i forbindelse med andre plantesygdomme. FieldSense tilbyder hertil en økonomisk forsvarlig og let-skalérbar løsning, der for fremtidens landbrug vil kunne effektivise- rer på mange områder.

111 Der er anvendt følgende kilder til dette afsnit:

[www.fieldsensapp.com](http://www.fieldsensapp.com/) [www.innovationsfonden.dk/en/node/733](http://www.innovationsfonden.dk/en/node/733)

[www.e-pages.dk/aarhusuniversitet/1133/fullpdf/1.pdf](http://www.e-pages.dk/aarhusuniversitet/1133/fullpdf/1.pdf) [https://projekter.vfl.dk/Projekter/erhvervsudviklingsordningen/2015/effektive\_behovsbestemte\_plantevaernsstrategier\_2723/Filer/pl\_15](https://projekter.vfl.dk/Projekter/erhvervsudviklingsordningen/2015/effektive_behovsbestemte_plantevaernsstrategier_2723/Filer/pl_15_2304_tabel_1.pdf)

[\_2304\_tabel\_1.pdf](https://projekter.vfl.dk/Projekter/erhvervsudviklingsordningen/2015/effektive_behovsbestemte_plantevaernsstrategier_2723/Filer/pl_15_2304_tabel_1.pdf) <http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Help_bring_satellite_data_down_to_Earth>

## Satellitkommunikation

De kommercielle anvendelsesmuligheder af satellitkommunikation er mange og højt udviklede. Generelt kan anvendelsen sammenfattes som behov for at kommunikere mellem steder, hvor de ikke har brugbare alternative forbindelser. [Tabel 14](#_bookmark52) viser eksempler på, hvordan kommercielle virksomheder anvender satellitkommunikation.

**Tabel 14. Eksempler på anvendelse af satellitkommunikation og beskrivelse af gevinster**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Gruppe** | **Applikation** | **Beskrivelse** |
| **Tv-stationer** | Transmission af direkte tv | Direkte tv fra lokaliteter uden for studiet transmitteres gennem Outside Bro- adcast (OB)-vogne, som skaber forbindelse mellem optageudstyr og transmissi- onsnettet. Nyhedsudsendelser viser fra tid til anden interviews via internettet (Skype), og forskellen i kvalitet er tydelig. |
| **Havtransport** | Rederier og lystsejlere | De ovenfor beskrevne gevinster ved GNSS og JO kan kun realiseres på fragtski- be, der har adgang til information om havstrømme og uvejr og derfor kan ændre kurs. Det er derfor nødvendigt for fragtskibe at have forbindelse til hovedkonto- ret, og vigtigt at sikre, at de rigtige oplysninger er tilgængelige. Lystsejlere, der bevæger sig uden for mobildækning (eksempelvis på Atlanterhavet), anvender også satellitkommunikation. |
| **Lufttransport** | Flyselskaber | Kommunikation mellem flyvekontroltjenester og fly uden for rækkevidde til ra- diokommunikation finder sted via satellit, og de selskaber, der tilbyder internet til passagerer, bruger også satellitter til denne tjeneste. |
| **Energi** | Olie & gas samt vind | Kommunikation ved prøveboringer i Nordsøen kræver satellitkommunikation for at sikre, at eksperter i hovedkvarteret kan analysere prøveboringerne i realtid og for at eksperterne an vejlede om retning. Offshore-vindparker bygges og service- res af medarbejdere, som kun kan kommunikere med hovedkvarteret gennem satellitkommunikation. |
| **Vedligehold** | Aktiver uden for mobildæk- ning | Tilsvarende vindparker er medarbejdere, der vedligeholder andre aktiver uden for mobile dækningsområder, nødt til at bruge satellitkommunikation. |
| **Beredskabet** | Alternativ kommunikati- on ved ulykker | Når mange mennesker er samlet på ét sted, har mobilmaster ofte svært ved at klare belastningen i nødsituationer. I disse tilfælde kan et alternativt 3G/4G- netværk oprettes og sikre, at kommunikationslinjerne mellem beredskabets enheder holdes åbne, og den bedst mulige løsning af krisesituationen eksekve- res. |
| **Forskere og korresponden- ter** | Fx i Arktis eller krigszo- ner | Forskere på mission uden for mobildækning (eksempelvis i Arktis) bruger satel- litkommunikation til at holde sig i kontakt med hovedkvarteret. Krigskorrespon- denter og andre journalister uden for mobildækning bruger også satellitter. |
| **Telekommuni- kationsvirk- somheder** | Forbindelse mellem lokale netværk | I Grønland, for eksempel, anvendes satellitkommunikation til at etablere net- værk mellem de forskellige lokale netværk omkring bygderne. |

Kilde: London Economics.

## Integrerede applikationer

Denne rapport har beskrevet anvendelsen af rummet data og produkter ud fra tre forskellige tek- nologier: Jordobservation, navigation og kommunikation, men som [Tabel 12](#_bookmark46), [Tabel 13](#_bookmark49) og [Tabel 14](#_bookmark52) indikerer (navnlig for havtransport og landbrug), er der yderligere gevinster at hente, hvis man kombinerer de forskellige teknologier. ESA’s Integrated Applications Programme112 er et andet ek- sempel på, hvordan man søger at forbedre udbyttet af rumapplikationer ved at kombinere teknolo- gier. Afsnit [7.8](#_bookmark62) illustrerer et bredt casestudie om anvendelse af mange forskellige satellittjenester til brug ved byudvikling.

112 <http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/Integrated_Applications_Promotion_IAP>

# MYNDIGHEDERNES BEHOV FOR DATA OG PRODUKTER FRA RUMOMRÅDET

Den 8. maj 2015 fik uddannelses- og forskningsministeren ved kongelig resolution overdraget det ressortmæssige ansvar for 1) sager vedrørende regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, 2) deltagelse i internationalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum og 3) koordinering og samar- bejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder. Tidligere har der ikke væ- ret en ansvarlig myndighed til at håndtere

**Kontoret for rum**

Som et led i indsatsen for at styrke varetagelsen af rumområdet er der blevet etableret et nyt kontor for rum i Styrelsen for Forskning og Innovation. Kontoret varetager myndighedsopgaven vedrørende rummet, dvs. opgaver i forbindelse med regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, herunder spørgsmål vedrø- rende godkendelse, kontrol og registrering af opsendelse af rumgenstande, ansvaret for deltagelse i internationalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum samt for koor- dinering og samarbejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder.

Nationalt skal kontoret aktivt og opsøgende under- støtte, koordinere og igangsætte rumområdets potenti- elle vækst hos virksomheder og myndigheder på et strategisk grundlag. Det strategiske og analytiske grundlag skal løbende vedligeholdes og udbygges i ko- ordination med relevante ministerier.

Internationalt omfatter ansvarsområdet samarbejde i blandt andet EU og FN-organisationer. På europæisk plan omfatter ansvarsområdet opfølgning på Lissabon- traktaten, herunder Horizon 2020, industripolitik på rumområdet, store europæiske rumprogrammer som Copernicus samt samarbejdet i European Space Agency

og Danmarks medlemskab heraf.

danske aktiviteter i det ydre rum.

Uddannelses- og Forskningsministeriet fik i den forbindelse til opgave af regeringen at nedsætte en tværministeriel arbejdsgruppe, som dels skulle komme med forslag til kon- kret organisering af det formelle myndig- hedssamarbejde, herunder strategisk samar- bejde mellem danske myndigheder, der ud- nytter rum- og satellitdata, dels at udarbejde et grundlag for et forslag til lov om regulering af danske aktiviteter i rummet til gennemfø- relse af Danmarks internationale forpligtel- ser.

I november 2015 præsenterede arbejdsgrup- pen sin rapport ("Kortlægning af rumområdet i Danmark – Rapport fra den tværministeriel- le arbejdsgruppe om rummet") og dermed også sine anbefalinger.

I forhold til det organisatoriske set-up for myndighedssamarbejdet anbefalede arbejds- gruppen en række strukturelle tiltag, uden ændringer på den ressortmæssige forankring. Disse tiltag omfatter bl.a. følgende:

* at der i Uddannelses- og Forskningsministeriet udbygges kompetencer, der aktivt og opsøgende kan understøtte, koordinere og igangsætte områdets potentielle vækst hos virksomheder og myndigheder.
* at der oprettes et permanent tværgående udvalg for myndighedsvaretagelsen på rumområdet ("Udvalget for rumrelateret myndighedsvaretagelse") med henblik på at understøtte, at de re- levante myndigheder opdaterer hinanden om den seneste udvikling, aktiviteter og trends, at understøtte koordination på tværs mv.
* at der etableres en række undergrupper til det permanente udvalg med henblik på at under- støtte den daglige og praktiske koordinering på faglige underområder.

Myndighedsvaretagelsen, og dermed ansvaret for dansk udbytte af rumområdet er i dag således fordelt mellem en række ministerier, der hver især bidrager med kompetencer inden for deres re- spektive fagområder, og som i større eller mindre grad anvender rumbaserede systemer.

Som et led i det samlede analyse- og evidensgrundlag er der således gennemført en afdækning af de danske myndigheders nuværende og fremtidige behov for anvendelse af rumbaserede data og produkter. Afdækningen er dels baseret på eksisterende viden om den aktuelle myndighedsvareta-

gelse og myndighedernes rumrelaterede aktiviteter, dels på interview med repræsentanter for res- sortministerierne, tilknyttede styrelser og statslige aktører.

Der er som led i afdækningen således gennemført interview med repræsentanter for:

* Danmarks Meteorologiske Institut (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet)
* Digitaliseringsstyrelsen (under Finansministeriet)
* Forsvarsministeriet
* Kriminalforsorgen
* NaturErhvervstyrelsen (under Miljø- og Fødevareministeriet)
* Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering
* Søfartsstyrelsen (under Erhvervs- og Vækstministeriet)
* Trafik- og Byggestyrelsen (under Transport- og Bygningsministeriet)
* NAVIAIR (under Transport- og Bygningsministeriet).

Som nævnt under afdækningen af rumområdet i dag sker anvendelse af rumteknologi og -data i dag som en integreret del af flere kerneopgaver i en række ministerier og styrelser. Interviewene med statslige myndigheder og aktører peger på, at myndighedernes nuværende og fremtidige be- hov for data og produkter fra rumområdet i særlig grad vedrører følgende områder:

* Jordobservation
* Satellitnavigation
* Sikkerhed og beredskab
* Telekommunikation
* Arktiske initiativer.

I det følgende gennemgår vi myndighedernes nuværende og fremtidige behov for rumdata og

-produkter.

* 1. **NaturErhvervstyrelsen** NaturErhvervstyrelsen har hidtil ikke været blandt de myndigheder, der bruger satellitin- formation som basis for opgavevaretagelsen, men dette har ændret sig betydeligt inden for de senere år. Hidtil har styrelsen årligt brugt mange ressourcer på at inspicere arealanven- delse og indberetninger fra landbruget i forbin- delse med udbetaling af arealstøtte, ligesom styrelsen i høj grad har brugt fysisk inspektion og flyfotografering til at understøtte denne kontrolfunktion.

|  |
| --- |
| **Fakta om NaturErhvervstyrelsen** |
| * Styrelsen beskæftiger i alt ca. 1.200 årsværk, heraf beskæftiger 2 årsværk sig med rummet * Driftsbudgettet udgør ca. 1,0 mia. DKK, hvoraf ca. 1,0 mio. DKK er relateret til rummet * Styrelsen bruger satellitdata i sagsbehandlingen når der udbetales støtte til landmænd – også kontrol- sammenhæng * Styrelsen ser også muligheder i brugen af satellit- og radardata på fiskeriområdet, herunder ift. monitore- ring af skibe og i forhold til sikkerhed og beredskab. |
| Kilde: NaturErhvervsstyrelsen |

Brugen af satellitdata har potentiale for at ef- fektivisere kontrolfunktionen, og NaturEr- hvervstyrelsen er derfor begyndt at benytte

satellitdata i arbejdet med administration og kontrol af arealstøtte til landmænd samt i forbindelse med overvågning af fredet natur. Satellitdata giver styrelsen mulighed for at verificere landmæn- denes oplysninger om afgrøder mv.

Oplysningerne giver således også styrelsen mulighed for at effektivisere de interne arbejdsgange og giver mulighed for at fokusere kontrollen af landbrugsstøtten, således at kontrolarbejdet fokuse- res, og således at kontrolindsatsen ikke unødigt forstyrrer landmændene.

NaturErhvervstyrelsen ser også muligheder i brugen af satellit- og radardata på fiskeriområdet, herunder ift. monitorering af skibe, men også i forhold til sikkerhed og beredskab, hvor bedre op- lysninger om skibenes lokalitet kan forbedre mulighederne for samarbejdet med beredskabet.

NaturErhvervstyrelsen og landbrugsorganisationen SEGES har i fællesskab købt løsningen CropSAT, som de stiller gratis til rådighed for landbruget, og som ud fra satellitbilleder kan beregne et vege- tationsindeks, der viser biomassen på marken. Herudfra er det muligt at producere et kvælstoftil- delingskort, således at landbruget kan foretage en bedre fordeling af kvælstofmængden. De kom- mercielle anvendelsesmuligheder i landbruget på baggrund af dette tiltag er illustreret med en række illustrative beregninger i landbrugscasen i afsnit [6.2.1](#_bookmark50).

## Søfartsstyrelsen

|  |
| --- |
| **Fakta om Søfartsstyrelsen** |
| * Styrelsen beskæftiger i alt ca. 290 årsværk, heraf beskæftiger 0,5 årsværk sig med decideret rumrela- terede arbejde, ligesom 10 årsværk anvender navi- gationsdata * Driftsbudgettet udgør ca. 348 mio. DKK til ruteplan- lægning, maritim fysisk planlægning, havnestatskon- trol mv. * Styrelsen ser muligheder i brugen af satellitdata i forhold til effektiviseringer, sikkerhed og overvåg- ning. |
| Kilde: Søfartsstyrelsen |

Søfartsstyrelsen benytter satellitdata til rute- planlægning, maritim fysisk planlægning, hav- nestatskontrol og landbaseret AIS. Søfartssty- relsen har til opgave at overvåge alle danske skibe uanset geografisk placering og leverer bl.a. oplysninger til Forsvaret.

Tilgængelig satellitkommunikation er af stigen- de vigtighed for skibskommunikationen, og endelig er sejladssikkerhed afhængig af et velfungerende satellitnavigationssystem.

Søfartsstyrelsen får data hertil gennem egne landbaserede stationer, men håber i fremtiden på at få data leveret, ligesom styrelsen aktuelt arbejder på at frigive data vedr. skibe fra de- res registre.

Styrelsen er lead partner på forskningsprojektet E-navigation og har sammen med en række sam- arbejdspartnere fået bevilliget 20 mio. euro over en treårig periode af Horizon 2020. Bevillingen udløber i 2018. Ideen er en ”Marathon Cloud”, hvor alle data bliver lagt op i en sky, og hvor myn- dighederne selv kan tilgå og hente data.

Styrelsen råder over ca. 0,5 årsværk på rumområdet (decideret rumrelateret arbejde). Dertil kommer ca. 10 årsværk, som er brugere af navigationsdata, svarende til i alt ca. 10,5 årsværk og ca. 4 % af det samlede antal medarbejdere i styrelsen.

Styrelsen ser potentiale inden for overvågning og beslutningsstøtte: Jo bedre overvågning og jo bedre data, desto bedre muligheder for effektiviseringer og desto bedre muligheder for at styrke sikkerheden og for at forbedre overvågningen.

## Danmarks Meteorologiske Institut

Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmodeller og gør resultaterne – og dermed vejrudsigter og prognoser – mere præcise, end det er tilfældet ved anvendelse af traditionelle vejrstationer placeret på land (evt. suppleret af målinger fra skibe og fly).

DMI indarbejder rådata i vejrmodellerne fra både de europæiske MetOp-satellitter og de amerikan- ske NOAA-satellitter, ligesom DMI indarbejder ”tilberedte satellitprodukter” – dvs. data, der har været udsat for en efterbehandling eller en oversættelse. Et eksempel herpå er produktet ”sky- type”, der tolkes ved at kombinere flere forskellige målinger fra satellitten. Efterbehandlingen fore- tages enten af DMI eller EUMETSAT.

Satellitter giver meteorologerne overblik over vejrudviklingen. Og de ser på langt mere end de traditionelle billeder af skyer kendt fra vejr- udsigten på tv. Også de specialiserede meteo- rologer, som bistår den internationale skibs- fart, anvender data fra satellitter. Her er det f.eks. informationer om vind, der er interes- sante.

|  |
| --- |
| **Fakta om Danmarks Meteorologiske Institut** |
| * Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmo- deller * DMI anvender mange typer af satellitdata i forbin- delse med produktionen af instituttets kerneopga- ver med udsigter og varsler inden for vejr, hav og is * DMI er således blandt de største forskningsmiljøer inden for remote sensing i Danmark. |
| Kilde: DMI |

DMI har et tæt samarbejde med den meteoro- logiske satellitorganisation EUMETSAT og læg- ger hus til flere af EUMETSATs decentrale, operative afdelinger; de såkaldte Satellite Ap- plication Facilities (SAF’er). Data produceret af

SAF’erne sendes ud til meteorologiske centre overalt i verden og er frit tilgængelige for forskning og for offentligheden.

En af SAF’erne hos DMI udvikler teknikker til at anvende signaler fra GPS-satellitterne som meteo- rologisk instrument. Det sker ved at omregne påvirkninger af GPS-signalerne til profiler for tempe- ratur og fugtighed i atmosfæren. Der er mange fordele ved denne type målinger; bl.a. at der måles talrige (flere tusinde) profiler dagligt og overalt på jorden. Derfor er de af stor betydning som input til vejrmodeller.

Denne type data med baggrund i GPS-signaler udmærker sig dels ved ikke at skulle kalibreres og dels ved kun at indeholde små systematiske fejl, som ikke ændrer sig over tid. Derfor er sådanne data også ideelle til overvågning af klima og klimaændringer.

I en anden SAF producerer DMI blandt andet data for is-koncentration, hav- og havis-temperatur for både Arktis og Antarktis. Data bliver behandlet, arkiveret og delt – og anvendes løbende i hele verden i vejrmodeller og oceanmodeller. De samme produkter er i spil, når hav- og isforholdene i de danske farvande og i Arktis skal overvåges. De forskellige produkter indeholder vurderinger af deres præcision, og metoderne til at raffinere data bliver løbende forbedret.

DMI’s meteorologiske betjening af Grønland og den løbende, operationelle kortlægning af havis i grønlandske farvande til betjening af skibsfarten baserer sig i vid udstrækning på satellitdata. På samme tid er jordobservationsdata grundlaget for informationerne og viden om is- og klimaudvik- ling i Arktis, som formidles via Polar Portal (et samarbejde mellem DMI, GEUS og DTU-Space).

Arktis er et af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets satsningsområder, og jordobservation vil få en stigende betydning for ministeriets aktiviteter i Arktis.

En af DMI's mest kritiske opgaver er vejledning ved sejlads i isfyldt farvand – blandt andet ved Grønland. Her er satellitter med et radarinstrument ombord uundværlige. En radar ser nemlig lige godt på en skyfri dag som på en nat med tæt skydække. Dermed kan de døgnet rundt og året rundt afsløre placeringen af havis og isbjerge, så specialiserede meteorologer kan guide skibsfarten udenom.

I tilknytning til den operationelle virksomhed udfører DMI forskning inden for satellitområdet og deltager i en lang række internationale forskningssamarbejder. DMI er således blandt de største forskningsmiljøer inden for remote sensing i Danmark.

## Forsvarsministeriet

|  |
| --- |
| **Fakta om Forsvarsministeriet** |
| * Forsvarsministeriet har samlet set ca. 20.000 ansat- te. Ministeriet har et budget på ca. 21 mia. DKK, hvoraf ca. halvdelen anvendes på lønninger. * Ministeriet estimerer, at i alt 30-35 årsværk er knyt- tet til rumområdet. * Forsvaret har et særligt fokus på det grønlandske område og det arktiske område * Forsvarsministeriet er i gang med en række konkrete initiativer for at afdække, i hvilket omfang moderne teknologi som for eksempel satellitter og droner kan bidrage til at styrke opgaveløsningen. |
| Kilde: Forsvarsministeriet |

Forsvaret benytter mange former for rumrela- terede ydelser og data, herunder fra jordob- servation og i forhold til navigation og kommu- nikation. Behovet for data afhænger af beho- vet for præcision. Behovet for at kunne opere- re stiller krav om at kunne se, navigere og kommunikere.

Forsvaret har et særligt fokus på det grønland- ske område og det arktiske område. Der gen- nemføres blandt andet forsøg med satellitover- vågning af det grønlandske område, eksem- pelvis med en række radarer og elektrooptiske sensorer, ligesom der også planlægges gen- nemført forsøg, som undersøger muligheden for forbedret kommunikation i de nordligste arktiske egne, for eksempel ved brug af satel-

litter, hvilket kan være værdifuldt i forbindelse med Search And Rescue-opgaver (SAR) og ved mil- jøkatastrofer.

Forsvaret har en interesse i satellitkommunikation, dels som sikker kommunikationskilde på globalt niveau og dels som stabil kommunikation i øde egne som Arktis. Forsvaret deltager efter anmod- ning fra FI i EU's initiativ om sikker satellitkommunikation for myndigheder.

## Transport- og Bygningsministeriet/Trafik- og Byggestyrelsen

Transport- og Bygningsministeriet har ressortansvaret for Galileo i Danmark samt for regulering af lufttrafikken i Rigsfællesskabets luftrum op til 66.000 fod – svarende til cirka 22 kilometers højde. Ministeriet anvender i dag herudover meget få ressourcer på rumrelaterede aktiviteter. En af årsa- gerne hertil er, at luftfartsområdet er et globalt område, hvor enkeltstående nationale aktiviteter er begrænsede.

Ministeriet deltager naturligvis i EU-sammenhæng. Ministeriet har dermed ikke den store direkte aktivitet, men holder sig orienteret. Ministeriet ser et betydeligt potentiale over de næste år, hvor konventionelle metoder måske kan suppleres med navigation.

Danmarks flyvekontroltjeneste, NAVIAIR, under Transport- og Bygningsministeriet, indgår i et Joint-Venture (6%) sammen med flyvekontroltjenester i Canada, Italien og Irland samt det ameri- kanske satellitkommunikationsfirma, Aireon. Aireon udvikler satellitbaseret flyovervågning, som skal monteres på Iridiums kommunikationssatellitter. NAVIAIRs rolle er at påvirke udviklingen af systemet, således at flyvekontroltjenester og luftfartselskaber får maksimalt udbytte (se [4.4.1](#_bookmark35)).

NAVIAIR har bidraget med 160 mio. DKK til Aireon og har en medarbejder fuldtidsbeskæftiget med engagementet i Aireon. Derudover beskæftiger øvrige rumaktiviteter ca. 2 årsværk.

* 1. **Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering** Som led i regeringens plan "Bedre balance – statslige arbejdspladser tættere på borgere og virksomheder" blev den tidligere Geodatastyrelse pr. 1. januar 2016 til to selvstændige styrelser, en ny Geodatastyrelse (som placeres i Aalborg) og en ny Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (som placeres i København).

|  |
| --- |
| **Fakta om Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering** |
| * Styrelsen beskæftiger i alt ca. 200 årsværk, heraf beskæftiger ca. 14 årsværk sig med rum- met * Driftsbudgettet udgør ca. 130 mio. DKK, hvoraf ca. 6,5 mio. DKK er relateret til rummet * Styrelsen arbejder for en bredere anvendelse af data til modernisering og effektivisering af den offentlige administration * Styrelsen er bl.a. ansvarlig for infrastrukturen for geografisk information og for landkortlæg- ning i Danmark, Færøerne og Grønland. |
| Kilde: Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering |

Mens Geodatastyrelsen nu fungerer som myndig- hed for ejendomsregistrering i Danmark og søkort- lægning i Danmark, Grønland og Færøerne, skal Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering ar- bejde for en bredere anvendelse af data til moder- nisering og effektivisering af den offentlige admini- stration, ligesom styrelsen skal arbejde for at ska- be bedre rammer for vækst i den private sektor via lettilgængelige offentlige data. Styrelsen har en central rolle i tværoffentlige samarbejder om data

og digital infrastruktur og har bl.a. en betydende rolle i grunddataprogrammet, herunder som an- svarlig for den fællesoffentlige Datafordeler.

Styrelsen er ansvarlig for infrastrukturen for geografisk information og har ansvaret for reference- nettene, der er grundlag for opmåling og kortlægning i Danmark, Færøerne og Grønland. Som en del styrelsens myndighedsansvar har styrelsen også et væsentligt ansvar for nøjagtig positionering i Danmark, Grønland og på Færøerne ved til stadighed at udvikle den geodætiske infrastruktur.

Herunder ligger fx at sørge for optimal udnyttelse af signaler fra Galileo-satellitterne i sammen- hæng med den fysiske jordbaserede geodætiske infrastruktur. Desuden er styrelsen ansvarlig for landkortlægning i Danmark, Færøerne og Grønland samt adresser, stednavne, Danmarks højdemo- del og flere andre datasæt.

Styrelsen understøtter desuden bl.a. Forsvaret med geodata både nationalt og internationalt, og styrelsen repræsenterer Danmark i internationale geodata-samarbejder og i det arktiske samarbej- de under Arktisk Råd.

Styrelsen råder over ca. 14,1 årsværk på rumområdet, svarende til ca. 7 % af det samlede antal medarbejdere i styrelsen. Driftsudgifterne udgør ca. 6,5 mio. DKK, svarende til ca. 5 % af styrel- sens samlede driftsudgifter. Årsværk og ressourcer omfatter udviklingsopgaver, større enkeltstå- ende opgaver samt løbende deltagelse i fx internationale udviklingsfora. ”Almindelige opgaver”, som løses ved anvendelse af rumdata, er ikke medregnet.

## Space for Smarter Government Programme

I 2014 startede den britiske regering sit Space for Smarter Government Programme (SSGP) for at hjælpe offentlige instanser med at overveje rumdata og -produkter til at løse problemer og levere tjenester mere effektivt. Formelt er formålet med programmet:113

* At inspirere og muliggøre den offentlige sektors brug af rummet og derved opnå smartere, mere effektive og billigere aktiviteter ved brug af de allerede ydede investeringer i rumin- frastruktur
* At opmuntre den offentlige sektor til at skabe vækst i den private sektor gennem eksport af de udviklede rumprodukter og -tjenester.

113 UK Space Agency (2015) *Annual Report and Accounts 2014/15*

SSGP ledes af det britiske rumagentur (UK Space Agency), men den daglige ledelse varetages af Satellite Applications Catapult, en organisation hvis formål er at skabe forbindelse mellem er- hvervslivet, universiteter, forskningsinstitutioner og det offentlige samt indgå i processen til reali- sering af Storbritanniens rumstrategi og -mål. I SSGP indgår både rumagenturet og catapulten som mægler og hjælper enten offentlige myndigheder med at finde virksomheder, der kan løse specifik- ke problemer, eller virksomheder med at undersøge, om der er efterspørgsel efter en udviklet ide. Offentlige myndigheder inden for tre kategorier: miljø, kommuner114 og risikostyring af naturkata- strofer.115

Programmets to første runder, i 2014 og 2015, havde et samlet budget på 1,3 mio. britiske pund. I alt 14 projekter blev udvalgt i den første runde og 13 projekter fulgte i anden runde. Projekterne brugte primært JO-data til løsning af opgaven, men løsninger ved hjælp af GNSS og satellitkom- munikation er også repræsenteret. Projekterne følger en fireskridtsplan:

1. Skabe opmærksomhed om potentialet i brug af rummet
2. Etablering af teknologi og metode til levering af rumløsning
3. Konsolidering af behov på tværs af offentlige myndigheder (eksempelvis at afdække behovet for en teknologi udviklet til en kommune i andre kommuner)
4. Operationel tjeneste.

Et femte og væsentligt skridt, som ikke indgår i vurderingen af de enkelte projekter, men som kan komme til at definere programmets succes som helhed, er virksomhedernes evne til at øge ekspor- ten ved at sælge teknologien til andre lande.

Da mange lande møder de samme geografiske og teknologiske udfordringer, giver Space for Smar- ter Government de deltagende virksomheder mulighed for og midler til at teste ideer og gennemfø- re forundersøgelser, og programmet fungerer derved som en eksperimentel ”petriskål”, der kan vise værdien af mulige løsninger. Det er for eksempel ikke svært at forestille sig, at et projekt om mobil mammografiscanning med satellitforbindelse til en ekspert på et hospital langt væk116 kunne sælges til andre lande med samme geografiske udfordring.

SSGP arbejder tæt sammen med DEFRA,117 og mange af programmets projekter er derfor fokuseret på udfordringer inden for dette ministeriums ressortområder, eksempelvis landbrug og oversvøm- melsessikring. Det er blevet påpeget, at bredden af de projekter der udvælges, influeres af de of- fentlige interessenters forskellighed. I forbindelse med SSGP har DEFRA oprettet et jordobservati- onscenter, Centre of Excellence, som har til formål at samle den offentlige sektors tekniske kunnen inden for rumrelaterede data og produkter og hjælpe ministerier og styrelser med at definere krav og udbud, således at private operatører kan respondere og løse opgaven bedst muligt.

SSGP er et nyt program, og det har endnu ikke været igennem grundig evaluering, men en delta- gende virksomhed118 nævner, at programmet har fungeret godt, fordi det har skabt et stærkere bånd mellem den private og den offentlige sektor. Programmets fokus på at skabe samfundsøko- nomiske gevinster ved at gøre den offentlige sektor smartere gennem brug af rummet samt ufravi- gelige krav om en kommerciel vinkel har også sikret, at de løsninger der er blevet udviklet, kan finde umiddelbar anvendelse i den virkelige verden.

114 Egentlig *Local Authorities*, som kan fortolkes som en blanding af kommuner og amter i Danmark, men uden personskatteopkræv- ningsret, men med boligskatteopkrævningsret.

115 SBRI (2015) *Space for Smarter Government*, webinar 7. juli 2015, tilgængelig her:

<http://www.spaceforsmartergovernment.uk/workspace/assets/files/sbri-space-for-smarter-governm-559e7942ebbc7.pdf>(tilgået: 21.

april 2016)

116 Her refereres konkret til DEOS Consultancy’s projekt for det britiske sundhedsvæsen, *Always connected mobile medical screening*. Se mere på <http://www.spaceforsmartergovernment.uk/case-study/deos-consultancy-always-connected-mobile-medical-screening/>

117 Department for Environment Food & Rural Affairs, sammenligneligt med det danske Miljø- og Fødevareministerium.

118 Astrosat, <https://astrosat.biz/>

## Case: Byudvikling

Danske kommuner og byer står over for en lang række udfordringer. I de kommende år vil den kommunale sektor skulle omstille de kommunale services til en ny virkelighed. Det er en virke- lighed, som er præget af stadige effektiviseringer og skrumpende skattemæssig grundlag, en høj grad af usikkerhed og kompleksitet samt en stadig hastigere samfundsmæssig udvikling. Det er en virkelighed, hvor nye løsninger skal findes inden for de eksisterende økonomiske rammer, og hvor der skal skabes vækst og produktivitetsudvikling i et usikkert globalt marked. Det kræver, at nye løsninger afprøves og at eksisterende ressourcer anvendes bedre end hidtil.

Mere end halvdelen af jordens befolkning bor i byer, og hver dag vokser antallet af mennesker, der bor i byer med 180.000. 6 ud af 10 mennesker forventes at være bosiddende i byområder inden 2030. Urbaniseringen er ikke kun en global udfordring. Aarhus Kommune forudser fx en befolk- ningstilvækst på 11 % på under 10 år. Og flere af Københavns omegnskommuner arbejder på at koble holistiske udviklingsstrategier på infrastrukturprojekter.

Urbaniseringen er flersidet. Hvor nogle danske kommuner og byer oplever stigende befolkning, oplever andre det modsatte og er truet af affolkning. De fleste danske kommuner oplever samtidig en omstilling, hvor der flyttes rundt på befolkningen inden for kommunens egne grænser – fra land til by og fra oplandsbyer til hovedbyer.

**Figur 27. Fra silotænkning til helhedsorienteret byudvikling**

Kilde: Rambøll.

Det stiller kommunerne, men også hele Danmark over for nye udfordringer i forhold til at sikre en positiv udvikling i landområder og i de eksisterende mindre byer. Bl.a. udfordringer i forhold til at sikre mobilitetsløsninger i sparsomt befolkede områder. Samtidig øges trængselsproblemerne i de større byer.

Mens du læser dette, udvikler nye urbane netværk sig. At styre urban vækst så den bidrager posi- tivt til økonomisk fremgang, at forene denne med klimavenlige og bæredygtige udviklingsformer og mindst mulig social udelukkelse, udgør tilsammen en stor udfordring verden rundt. Mange kommu- ner arbejder derfor med at finde den rette balance mellem infrastruktur, økonomisk vækst, miljø og udvikling af samfundet, når de planlægger fremtiden.

Moderne byudvikling er derfor en multifacetteret disciplin, som er gået væk fra silobaseret tænk- ning og styring til tværgående og helhedsorienterede løsninger. Her fokuseres på byernes *fysiske strukturer* (byernes ”hardware”) som infrastruktur, boliger, arealer og erhvervsområder, på byer- nes *sociale strukturer* (den ene del af byernes ”software”), herunder hvordan vi lever sammen, samt på byernes *kulturelle strukturer* (den anden del af byernes ”software”), herunder bl.a. borge-

rens engagement og deltagelse i byens liv. Nedenfor gives en række eksempler på, hvordan data fra satellitter i dag anvendes i byudviklingen. Gennemgangen omfatter følgende elementer i byud- viklingen:

* Infrastruktur og mobilitet
* Vejafgifter
* Klimasikring
* Byggeri
* Energi.

## Infrastruktur og mobilitet

Infrastruktur som helhed – herunder veje, jernbaner, cykelstier eller fiberoptiske kabler – eksiste- rer for at øge mobiliteten i samfundet og for at forbinde mennesker og varer, viden og innovation, byer og regioner.

Beslutninger om udvidelse og placering af infrastruktur kræver den bedst mulige information om eksisterende transport- og andre mønstre. GPS-løsninger er i flere eksempler blevet benyttet til at indsamle data om mobilitetsmønstre i danske byer, herunder eksempelvis i Aalborg. I Kolding prio- riterer kommunen intelligent trafikstyring højt og gennemfører derfor GPS-baserede realtidsmålin- ger af rejsetiden på udvalgte strækninger på vejnettet. Hermed er det muligt at prioritere indsat- sen til de kryds og strækninger, hvor der er størst forsinkelse i myldretiden, og dermed kan der spares mest tid pr. investeret krone. Derudover er det muligt at bruge JO-data til at overvåge tra- fiktætheden på veje, eksempelvis i myldretiden, og belægningsgraden på eksisterende parkerings- pladser.119 I takt med at JO’s dækning bliver mere komplet, og genbesøgstiden på enkelte lokalite- ter reduceres, kan man forestille sig at disse data sammen med data fra brugeres bilnavigations- enheder kan bruges til smart ruteplanlægning, der kan sikre, at bilisterne bliver ledt ad den bedste rute til en fri parkeringsplads.

Satellitdata rummer også muligheder for at forbedre mobiliteten og dermed livskvaliteten for ud- satte grupper af borgere. I England sigter projektet ”Cities Unlocked” således mod at forbedre be- vægelsesmulighederne for udsatte borgere gennem brugen af udstyr, der giver blinde og svagt- seende et lydlandskab i 3D, som forbedrer deres samlede information om omgivelserne. Satellit- data anvendes i denne sammenhæng til at forbedre information om lokaliseringen og tilføjer desu- den et vertikalt aspekt til lydlandskabet.120

* + 1. **Vejafgifter**

I Danmark opkræves der en række afgifter fra bilisterne for at køre på vejene. Blandt disse er regi- streringsafgiften, ejerafgiften, benzinafgiften og parkeringsafgiften. Afgifterne afspejler ikke selve kørslen på vejene, men er i stedet et udtryk for en indirekte beskatning. Som eksempel er registre- ringsafgiften en afgift, der betales for at have et køretøj registreret, ikke for at benytte det. Derud- over kan der benyttes andre afgifter, som er en direkte vejbenyttelsesafgift. Disse er bl.a. beta- lingsstationer og road pricing.

Forslag om betalingsring omkring København og andre former for road pricing dukker jævnligt op i den politiske debat. I det Europæiske GNSS Agenturs GNSS Market Report Issue 2 fra maj 2012121 er Danmark nævnt som et land, der overvejer at implementere et GNSS-baseret vejafgiftssystem. De eksisterende vejafgifter på de danske broer bruger ikke GNSS, men hvis politikerne overvejer at introducere vejafgifter, er GNSS en mulighed der bør overvejes. Europas mest udviklede vejaf- giftssystem findes i Slovakiet, hvor betaling for brug af 17.762 km vejnetværk122 opkræves baseret

119 [http://www.pixalytics.com/tag/earth-observation/.](http://www.pixalytics.com/tag/earth-observation/)

120 London Economics, 2015: The Case for Space 2015 – Case Studies.

121 [http://www.gsa.europa.eu/market/market-report.](http://www.gsa.europa.eu/market/market-report)

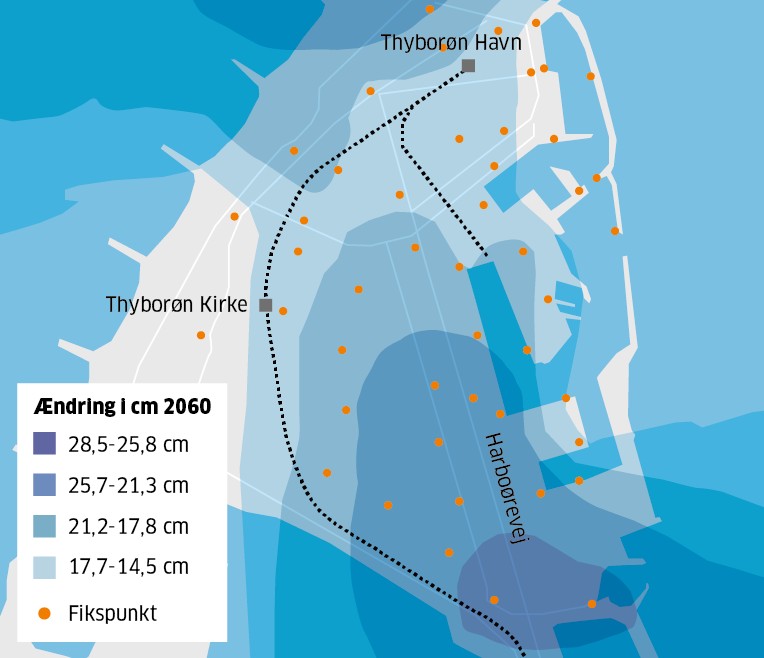
122 Dvs. landets motorveje, primære og sekundære veje eller 41 % af det samlede netværk (Eurostat).

på en GNSS-modtager i landets biler.123 Slovakiets to ambitioner om vejafgift på mindre veje samt at bilister kun skal betale for reel brug har gjort, at GNSS er den eneste brugbare løsning. Vignet- ter med fast pris ville således ikke være rimelige, og øvrige teknologier såsom kameramonterede broer over vejen ville blive alt for dyre at sætte op mellem alle kryds på de små veje.

* + 1. **Klimasikring**

Storme, skybrud, ekstrem regn og havvandsstigninger præger allerede det danske klima. Storm- skader og oversvømmede kældre forårsaget af klimaændringerne er allerede nu blevet et stort problem. Det er anslået af Videnscenter for Byudvikling, at det allerede i dag koster mere end 10 mia. DKK årligt at udbedre skader efter oversvømmelser, fugt og skimmelsvamp. Eftersom menne- sker og værdier koncentreres i byerne, rammes byernes hårdest af klimaændringerne. Derfor ud- gør klimasikring et centralt element i den moderne byudvikling.124

Rumteknologi og -data bruges i stigende grad til at forebygge oversvømmelser og håndtere over- svømmelserne, når de sker. På baggrund af data indhentet med rumteknologi gennem det europæ- iske Copernicus-program er det eksempelvis muligt at kortlægge oversvømmelsestruede områder, opmåle havbunden eller udarbejde Danmarks Højdemodel, der viser landskabets højdeforhold i høj opløsning. Rumdata indhentes typisk via satellitter, fly eller droner. Sidstnævnte er så lette at an- vende, at Miljøministeriets styrelser selv sender dronerne til vejrs hen over Danmark til indsamling af de data og den information, som bruges i et bredt udsnit af styrelsernes opgaver. Det kan være, hvis der skal skabes et overblik over for eksempel en vandløbs- eller en kyststrækning, eller hvis der er brug for overblik over landområder. Når akutte oversvømmelser rammer, har beredskabet fået droner, som sender billeder til redningsfolkene. På den måde kan de bedre planlægge, hvor de skal lægge sandsække eller indsætte mobile dæmninger.125

I Danmark anvendes JO forsøgsmæssigt i Thyborøn, hvor målet er at nå frem til en komplet fremskrivning af de næste mange års landhævninger og -sænkninger, hvilket udgør et væsentligt element i planlægnin- gen af den lokale klimatilpasning. Frem- skrivningen sker i samarbejdet med blandt andre Kystdirektoratet og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. Undersø- gelserne baseres bl.a. på en 3D- modellering af undergrunden og dens rela- tioner til de registrerede sætninger. For at 3D-modellen kan klarlægge årsagen til, at landet synker eller hæver sig, bliver den sammenholdt med viden fra op til 100 år gamle målepunkter i Thyborøn og JO-data fra satellitten Senitel-1, som hver 12. dag optager et radarbillede af Danmarks land- overflade. Lægger man billederne sammen over en periode, giver de et overblik over sætninger i Danmark.126

|  |
| --- |
| **Figur 28. Her synker Thyborøn** |
| Kilde: Ingeniøren, 2016: Kortlægning af jordbevægelser skal målrette klimatilpasningen. |

123 Det Europæiske GNSS Agentur (2015) *GNSS Market Report Issue 4.*

124 <https://www.realdaniadebat.dk/privatboligforum/Pages/Debatm%C3%B8de-i-Privat-Boligforum-03-09-2015.aspx>

125 <http://www.klimatilpasning.dk/aktuelt/nyheder/2015/april-2015/rumteknologi-mod-oversvoemmelser.aspx>

126 Ingeniøren, 2016: Kortlægning af jordbevægelser skal målrette klimatilpasningen.

* + 1. **Byggeri**

Urbaniseringen skaber pres på den eksisterende infrastruktur i byerne, og i mange tilfælde er det nødvendigt at udvide vejnetværk og boligmængden. Rummet er relevant for to typer byggeri, nemlig anlæg af nye bygninger og infrastruktur samt overvågning af eksisterende anlæg. For an- læg af nye bygninger er GNSS en væsentlig kilde til effektivisering, idet systemer med høj præcisi- on tillader, at alle faser i projektet kan målrettes den endelige plan. I fremtiden kan man forestille sig, at entreprenørerne vil abonnere på Galileos kommercielle tjeneste, men indtil da er differential GNSS (DGNSS) og Real Time Kinematic (RTK) brugbare substitutter. RTK giver ned til 1-2 cm nøj- agtighed ved at supplere GNSS-signalet med lokale korrektionsfaktorer.127 Der er flere kommercielle muligheder for RTK i Danmark, hvor både Leica Geosystems128 og GeoTeam129 begge driver et refe- rencenet. Som beskrevet i afsnit [6.1.1](#_bookmark47) er nøjagtige oplysninger om gravemaskiners lokalitet kilde til væsentlige effektivitetsgevinster ved anlæg.

Ved anlæg af infrastruktur, eksempelvis veje, skaber GNSS betydelige effektivitetsgevinster. Top- con har således beregnet, at den daglige omkostning til lønninger ved gravearbejde til vejanlæg er omtrent 3.000 $, og at Topcons mest avancerede løsning kan spare op til **79 %** af den anvendte tid sammenlignet med traditionelle metoder. Dvs. at medarbejderlønninger ved 1 km gravearbejde er 7.342 $ med GNSS-løsningen mod 13.123 $ ved traditionelle metoder. Hertil kommer asfalt og andre råmaterialer, som kan spares, fordi anlægsprocessen er mere målrettet. Her beregner Top- con, at man kan spare materialer til en værdi af 5.160 $ pr. km vej.130 Samlet har Topcon beregnet, at det mest avancerede system vil være **tilbagebetalt efter anlæg af 4,02 km vej**.131

I udgangspunktet tilfalder effektiviseringsgevinsterne ved brug af GNSS i byggeriet den entrepre- nør, som vinder entreprisen, men konkurrence i markedet bør medføre, at (nogle af) gevinsterne tilfalder ordregiveren, som i mange tilfælde vil være kommunerne eller staten.

I forbindelse med anlægsprojekter er det vigtigt at overvåge eksisterende bygninger og sikre, at eventuel jordsedimentering og vibrationer, som følge af projektet, er under kontrol og ikke skader de eksisterende bygninger. Konstruktionen af Londons nye undergrundslinje, Crossrail, indarbejder således avancerede højpræcisions-GNSS-enheder til at sikre, at de bevaringsværdige bygninger over linjen ikke sætter sig.132 Man kan også anvende JO-satellitter med Synergetic Aperture Radar (SAR)-sensorer til at overvåge sedimentering (og hævning) af jorden og dermed vurdere effekten af gravearbejde.133 Skyskrabere og broer monitoreres også ved hjælp af GNSS, hvor nøjagtige må- linger over tid kan give tidlige indikationer om anlæggets sundhed og hjælpe med at sikre, at ska- der kan udbedres, før de bliver så alvorlige, at anlæggene må lukkes.

Brugen af rummet behøver ikke være begrænset til bygninger, men kan også bruges til kortlæg- ning af de planter der findes i byen. Japansk pileurt, for eksempel, er en invasiv art, hvis rodnet kan skade fundamenter, bygninger, veje mv. Viden om udbredelsen af japansk pileurt er vigtig for (potentielle) ejere (inklusive kommuner og staten) og forsikringsselskaber, som kan pålægge hus- ejere at bekæmpe planten som betingelse for husforsikring. Det slovenske Centre of Excellence of Space Science and Technology (SPACE  SI) har vist, at JO-data er tilstrækkeligt til at kortlægge udbredelsen af japansk pileurt, hvilket tillader målrettet bekæmpelse.134

127 <http://gpsworld.com/centimeter-level-rtk-accuracy-more-and-more-available-for-less-and-less/>

128 <http://www.leica-geosystems.dk/dk/Leica-SmartNet-Danmark_74970.htm>

129 <http://www.geoteam.dk/produkter/gpsnetdk/entreprenoerer.html>

130 Her antages, at vejen er 12.8m bred, man kan spare 9,1 mm asfalttykkelse og asfalt koster 20.39 $ pr. ton.

131 <http://topconcare.com/roi-calculators/3d-mc-3d-mc2-roadwork-roi-calculator/>

132 <https://www.ice.org.uk/disciplines-and-resources/case-studies/crossrail-tunnel-construction-monitoring>

133 Adam Thomas, Fugro NPA Satellite Mapping UK (2012) *Earth Observation data and services in support of the rail sector & the Live Land project* præsentation ved European Space Solutions 2012.

134 Krištof Oštir m.fl. Slovenian Centre of Excellence for Space Sciences and Technologies (2014) *Application of remote sensing in urban*

*forests – identification of tree species and detection of Japanese knotweed* præsentation ved European Space Solutions 2014.

* + 1. **Energi**

Den voksende befolkning gør, at energien er knap, og den energi der er til rådighed, skal bruges mere effektivt. EU’s direktiv om energieffektivitet135 foreskriver således, at mere effektiv brug af energi skal udmøntes i energibesparelser i unionen på 20 % pr. 2020. Direktivet pålægger desu- den, at offentlige bygninger skal foregå med et godt eksempel og skal forbedres med energieffekti- ve løsninger, og fra 2014 at der hvert år bør implementeres energieffektive løsninger på bygninger, der udgør 3 % af det samlede offentlige gulvareal.

Danmarks mål er forskellig fra de samlede EU-mål, idet landet er forpligtet til at nedbringe sit energiforbrug gennem energieffektivisering med 14 % i 2020 sammenlignet med 2006.136 I 2014 blev regeringens strategi for energirenovering af bygninger fremlagt, og denne strategi forventes at nedbringe nettoenergiforbruget i den eksisterende bygningsmasse med 35 % pr. 2050.137

Energieffektivisering kræver et godt kendskab til den eksisterende bygningsmasses energitab, men energimålinger af bygninger kan være en bekostelig affære for kommuner og andre ejere af man- ge, store bygninger. Copernicus Masters – DLR Environmental Challenge blev i 2012 vundet af ThermCERT, som anvender JO-data til at kortlægge bygningers varmetab og giver dermed offentli- ge myndigheder og andre ejere mange forskellige bygninger rundt om i en kommune eller landet mulighed for at udvælge de bygninger, hvor effektiviseringsprojekter kan medføre den største ge- vinst, og foretage detaljeret analyse af de mest effektive løsninger. En anden fordel ved satellitba- serede data er, at de er indsamlet af den samme sensor og analyseret ved hjælp af det samme software, hvilket sikrer det bedst mulige sammenligningsgrundlag for de enkelte bygningers resul- tater.138

Ud over energi**forbrug** påvirkes energi**forsyning** også af urbaniseringen. Det danske forsynings- netværk varetages af EnergiNet, som har ansvaret for at det danske el- og gassystem er velfunge- rende.139 For at sikre forsyningssikkerheden er det nødvendigt at overvåge netværket og at reagere på at ændringer i efterspørgsel modsvares tilstrækkeligt i udbud. Derudover er det vigtigt at sikre, at fejl på netværket udbedres hurtigt og effektivt. De såkaldte Phasor Measurement Units (PMU) måler udsving på netværket og giver mulighed for at estimere kvaliteten af den transmitterede energi. PMU anvender ofte GNSS til at sikre, at de til hovedkvarteret indsendte observationer har nøjagtige tidsoplysninger, som gør, at eventuelle uventede udsving kan føres tilbage til, hvor et eventuelt problem opstår og muliggør derved bedre udbedring af fejl.

Inden for energi gør byudviklingen også, at energiproduktionen evt. skal øges. Danmark har ambi- tiøse mål om at opnå total uafhængighed af fossile brændstoffer pr. 2050140, og det er derfor nød- vendigt at erstatte kapaciteten på de eksisterende kraftværker med alternative kilder som vind- og solenergi.

135 DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC.

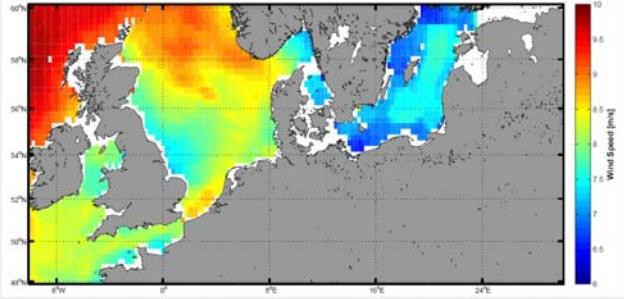
136 <http://www.ens.dk/forbrug-besparelser/energibesparelser-offentlige-sektor>

137 <http://www.ens.dk/forbrug-besparelser/energirenoveringsstrategi/strategi-energirenovering-bygninger>

138 <https://astrosat.biz/products/thermcert>

139 <http://energinet.dk/DA/OM-OS/Om-virksomheden/Sider/default.aspx>

140 <http://www.ens.dk/politik/dansk-klima-energipolitik>

JO-data fra SAR-sensorer kan også her bidrage til at træffe den bedste beslutning om placering af vindmøller. Figur 29 viser ek- sempelvis den gennemsnitlige vindhastighed i danske farvande, baseret på målinger fra REMSS142 over en 10-årig periode. Disse informationer tillader, at havmøl- leparker kan placeres på de mest fordelagtige lokaliteter uden at kræve adgang til vejrobservati- onsdata, som i reglen ikke dæk- ker havet med samme præcision.

|  |
| --- |
| **Figur 29. Gennemsnitlig havvindhastighed over 10 år** |
| Kilde: C. B. Hasager, M. Badger, A.Mouche141, I. Karagali, P. Astrup,  M. Nielsen, F. Bingöl, A. Peña, X.G. Larsén, J. Badger, A.Hahmann, T. Mikkelsen og S.-E.Gryning fra Risø, Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, DTU, *Offshore wind resource estimation for wind energy http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:59191/datastreams/ file\_5019080/content* |

Ud over vindmøller er solenergi en væsentlig kilde til grøn energi i Danmark. Også her er JO-data af væsentlig betydning, idet de kan anvendes til at beregne overfladetemperaturen i et om-

råde over tid og dermed sikre, at solcelleparker placeres på de mest fordelagtige lokaliteter.143

Private borgere, som ønsker at installere solcelleanlæg, drager fordel af satellitdata, idet leveran- dører kan bruge offentligt tilgængelige og kommercielle tjenester til at indsamle grunddata om borgerens bolig, såsom tagets orientering og skyggegivende obstruktioner som træer eller høje nabobygninger.

En række analyser peger på vand som et centralt område for global økonomisk vækst over de kommende årtier. Dette hænger særligt sammen med, at en stadigt større befolkning har behov for rent vand. I dag lever godt 1,7 mia. mennesker i regioner, hvor der er vandstress. Dvs. at der er så lidt ferskvand til stede, at de vil opleve vandproblemer i løbet af et år. Samtidig vil 1,8 mia. mennesker leve i lande med decideret vandmangel. Fra et vækstperspektiv betyder det, at mange lande over de kommende år skal foretage store investeringer i nye løsninger på vandområdet144.

På vandområdet har Danmark nogle store førende virksomheder og mange små og mellemstore innovative virksomheder inden for et bredt spektrum af teknologier. Det drejer sig bl.a. om tekno- logier til vandbesparelser, vandrensning, pumpeteknologier, vedligeholdelse af infrastruktur, analy- semetoder, online monitering og modellering. I forhold til brug af satellitdata kan særligt DHI GRAS nævnes. Virksomheden arbejder med satellitbaseret jordobservation for flere interessenter, blandt andre ESA. Det gælder eksempelvis store projekter om vandressourceforvaltning i Afrika og klima- tilpasningsprojekter i Sydøstasien. Ud over aktiv deltagelse i ESA-finansierede projekter har firmaet flere operationelle services og ydelser, som baserer sig på jordobservationsdata fra ESA’s JO- missioner (bl.a. ENVISAT, Sentinel).

141 CLS, France; ikke Risø.

142 Remote Sensing Systems, [http://www.remss.com/about/who-we-are.](http://www.remss.com/about/who-we-are)

143 Dr Heinz Ossenbirk, Europakommissionens Joint Research Centre (2013) *Renewable Energy Challenges: Solutions from Space*

præsentation ved European Space Solutions 2013.

144 Miljøministeriet, 2012: Danske virksomheder på vandområdet.

**BILAG 1: METODEBILAG**

* 1. **Rumområdets reelle omfang i Danmark**

Kapitlet involverede tre delopgaver, metoden for løsning af disse er beskrevet i dette bilag.

* + 1. **Identifikation**

Rumrelevante virksomheder er identificeret med udgangspunkt i adskillige kilder modtaget fra Sty- relsen for Forskning og Innovation (FI), London Economics’ interne lister af virksomheder med rumaktivitet, samt omfattende internetsøgning.

* + - * FIs lister (ESA (under-)leverandører, FP6, FP7, og Horizon 2020 ansøgere, JO interessentli- ste, øvrige virksomheder)
      * London Economics’ interne lister af rumvirksomheder inklusiv datterselskaber
      * Hjælpemiddeldatabasen
      * Sponsorer af rumrejsen.dk
      * Publikationer fra DTU samt Kortlægning af Rumområdet i Danmark
      * Google-søgning på ”.dk” sider af

o GPS, Satellit, Space, GNSS, VSAT, Inmarsat/Iridium/Thuraya m.fl.

* + 1. **Virksomhedsanalyse**

Virksomhedsanalysen er baseret på det bedste tilgængelige data. Interviews med enkelte nøgle- virksomheder med stor betydning for det samlede resultat eller stor diversificering i rum-relaterede aktiviteter er blevet interviewet for at sikre bedst mulig præcision. Øvrige virksomheder er analyse- ret gennem årsrapporter, hvis muligt, og information fra hjemmesider.

Få danske rumvirksomheder er børsnoterede, og kvaliteten og præcisionen i tilgængelig data er derfor begrænset. Vi har derfor anvendt den samme procedure til analyse af virksomheder, som vi har brugt i forbindelse med andre rumprojekter for GSA og UK Space Agency.

Analyseprocessen resulterede i en vurdering af hver enkelt virksomheds rumomsætningsgrad (dvs. andelen af omsætning der stammer fra rumrelaterede aktiviteter) samt andelen af rumomsætning der stammer fra de forskellige aktiviteter i værdikæden.

**BILAG 2: PROFILER FOR INTERVIEWEDE VIRKSOMHEDER**

|  |  |
| --- | --- |
| **Virksomhed** | **Beskrivelse** |
| DHI GRAS | DHI GRAS arbejder med satellitbaseret jordobservation for flere interessenter, blandt andet ESA. Det gælder eksempelvis store projekter omkring vandressourceforvaltning i Afrika og klimatilpasningsprojekter i Sydøstasien. Udover aktiv deltagelse i ESA- finansierede projekter har firmaet flere operationelle services og ydelser som baserer sig på jordobservationsdata fra ESA’s missioner (bl.a. ENVISAT, Sentinel). DHI GRAS er offi- ciel distributør af satellitbilleder fra de globale operatører af satellitter. Udover at distribu- ere satellitbilleder arbejder DHI GRAS med at analysere billederne for at kortlægge miljø- forhold i hele verden. DHI GRAS er ejet af DHI, som er en uafhængig forsknings- og kon- sulentvirksomhed specialiseret i vandmiljø. DHI GRAS beskæftiger 10 fuldtidsmedarbej- dere. |
| Cobham Satcom | Cobham Satcom, tidligere Thrane & Thrane A/S, er en del af den engelske Cobham- koncern, hvis produkter og serviceydelser har været omdrejningspunktet for avancerede militære og civile systemer i mere end 75 år. Virksomheden udvikler, producerer og sæl- ger udstyr og systemer til global, mobil kommunikation baseret på satellit- og radiotekno- logi. Produkterne sikrer kommunikation mellem mennesker på land, til vands og i luften. Virksomheden beskæftiger ca. 550 fultidsmedarbejdere i Danmark, heraf ca. 250 uden for Aalborg og resten i Lyngby. |
| Danish Aerospace Company | Danish Aerospace Company producerer bl.a. udstyr til medicinske og fysiologiske forsøg i rummet - blandt andet særlige kondicykler. Virksomheden beskæftiger 18 fultidsmedar- bejdere og har base i Odense. Danish Aerospace Companys udstyr bruges til videnskabe- lige forsøg – især for at finde ud af, hvordan menneskekroppen fungerer i rummet. Ud over at udvikle og fabrikere udstyret er Odense-firmaet direkte med på lyd, video og data, når der udføres nogle af de videnskabelige forsøg på Den internationale Rumstation. |
| FORCE Technolo- gy | GTS-instituttet FORCE Technology har deltaget i ESA’s udvikling af løfteraketter siden 1996. Ydelserne fra FORCE Technology omfatter sensorteknologi, automatisering, ikke- destruktiv kvalitetskontrol, lasersvejsning og additiv produktion. På instituttets hovedkon- tor i Brøndby findes særlige laboratorie- og produktionsfaciliteter, herunder bl.a. lasere af forskellige typer og størrelser, en automatisk og fleksibel svejsecelle, der kan håndtere op til 5 tons og en installation dedikeret til automatiseret inspektion af raketdyser i fuld stør- relse. Instituttets omsætning dækkes udelukkende af udenlandske kunder, heraf tegner ESA sig for langt den overvejende del (ca. 90 %). |
| GomSpace | GomSpace er blandt verdens førende inden for nanosatellitter. Teknologien går under navnet 'CubeSats'. Virksomheden beskæftiger aktuelt ca. 40 fuldtidsmedarbejdere, men forventer at beskæftige ca. 55 medarbejdere ved udgangen af 2016. GomSpace blev etableret i 2007 af tre studerende fra Aalborg Universitet. De stærke relationer til univer- siteter opretholdes blandt andet via virksomhedens placering i NOVIs forskerpark, hvor nærhed til forskermiljøet og forskningsfaciliteter på universitetet og universitetshospitalet er i højsædet. GomSpace bliver børsnoteret på NASDAQ First North, Premier i Stockholm. Første handelsdag er d. 16. juni 2016. |
| NAVIAIR | Danmarks flyvekontroltjeneste hvis engagement i Aireon gør virksomheden til en væsent- lig spiller på markedet for satellitbaseret flyovervågning. Aireon er et samarbejde mellem en række selskaber, som i løbet af de kommende år vil etablere verdens første satellitba- serede fuldt globalt dækkende overvågningssystem til luftfarten. Når det nye system efter forventningen er i drift i 2018, vil det være muligt overalt på kloden at hente data om alle fly, som er udstyret med ADS-B-udstyr. Langt de fleste kommercielle fly har allerede i dag dette udstyr, men aktuelt er det mindre end 30 procent af klodens areal, som er dækket af det eksisterende overvågningsudstyr. De resterende – ofte øde – områder er i dag uden overvågning, så lufttrafikstyringen baseres i dag på piloternes egne indrappor- teringer over radioen om position, højde, kurs og fart. Blandt andet på grund af lange rapporteringsintervaller er usikkerheden så stor, at flyvekontrollen lægger meget store sikkerhedsafstande ind mellem flyene. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Virksomhed** | **Beskrivelse** |
| Terma | Termas første rumudstyr blev opsendt i 1972, og virksomheden er derfor blandt de mest erfarne europæiske leverandører af udstyr til rummissioner. Termas spidskompetence ligger i højtudviklet nicheteknologier og robuste operationelle systemer til rumindustrien. Terma dækker alle faser af en upstream rummission, og virksomhedens software og produkter bruges af astronauter og satellitter verden over. Terma tilbyder løsninger inden for videnskabelige missioner, jordobservation, navigation og kommunikation. Terma er blandt Danmarks mest succesrige ESA-leverandører. |

**BILAG 3: VÆRDIKÆDEKONVERTERING**

Rumomsætningsgrader i alle værdikædeelementer er blevet ganget med total omsætning og der- ved konverteret til rumomsætning af Danmarks Statistik, som også har aggregeret data til samlet niveau.

Fordi Danmarks Statistik kræver mindst 10 virksomheder til aggregering har vi været nødt til at konvertere værdikæden til en på højere niveau. Tabellen nedenfor beskriver konverteringen.

**Figur 30. Værdikædekonvertering**

Upstream

Rumproduktion

Satellitter Satellitter

Andet end Satellitter, inkl Rumtransport affyringsstøtte

Jordstationer Grundforskning Affyringsstøtte/-facilitet

Rumoperation

Salg af rumtjenester (inkl.

Salg af rumabonnementer (inkl.

Downstream

TV og jordstationsoperation)

Satellitoperation

Fremstilling af brugerenheder Operation af jordstationer Salg af brugerenheder Satellit-TV

Rumapplikationer

Rumbaserede software- og

konsulentydelser Salg af rumabonnementer

Alle Følgeservices Fremstilling af brugerenheder Salg af brugerenheder Rumbaserede software- og konsulentydelser

Følgeservices

Finans og jura Forsikring

Markedsanalyse og konsulenttjenester Formidling

Andet

**BILAG 4: SATELLITMISSIONER MED DANSK DELTAGELSE**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Mission** | **Organisation** | **Opsendt** | **Kunde** |
| **ESRO IV** | Terma | 1972 | ESA |
| **COS-B** | Terma | 1975 | ESA |
| **METEOSAT** | Terma | 1977 | ESA+Andre |
| **EXOSAT** | Terma | 1983 | ESA |
| **OCG** | Terma | 1983 | Andre |
| **SPACELAB** | Terma | 1983 | ESA |
| **LDEF** | Terma | 1984 | NASA |
| **OLYMPUS** | Terma | 1989 | ESA |
| **Ulysses (ISPM)** | Terma | 1990 | ESA+NASA |
| **EURECA** | Terma | 1992 | ESA |
| **ISO** | Terma | 1995 | ESA |
| **Cassini/Huygens** | Terma | 1997 | ESA+NASA |
| **SKYNET** | Terma | 1997 | Andre |
| **Ørsted** | Terma | 1999 | Dansk |
| **Ørsted** | DTU | 1999 | Dansk |
| **XMM-Newton** | Terma | 1999 | ESA |
| **SAC-C** | Terma | 2000 | NASA + Andre |
| **INTEGRAL** | Terma | 2002 | ESA |
| **INTEGRAL** | DTU | 2002 | ESA |
| **MSG-1** | Terma | 2002 | ESA + Andre |
| **Mars Express** | Terma | 2003 | ESA |
| **AAU Cubesat** | AAU | 2003 | Dansk |
| **DTUsat-1** | DTU | 2003 | Dansk |
| **Rosetta** | Terma | 2004 | ESA |
| **CryoSat** | Terma | 2005 | ESA |
| **MSG-2** | Terma | 2005 | ESA + Andre |
| **Venus Express** | Terma | 2005 | ESA |
| **Radarsat-2** | Terma | 2007 | Andre |
| **GRACE** | DTU | 2008 | NASA |
| **AAUSat-2** | AAU | 2008 | Dansk |
| **Herschel** | Terma | 2009 | ESA + NASA |
| **Planck** | Terma | 2009 | ESA |
| **Planck** | DTU | 2009 | ESA |
| **SMOS** | DTU | 2009 | ESA |
| **Terahertz kamera** | DTU | 2009 | ESA |
| **CryoSat2** | Terma | 2010 | ESA |
| **Cryosat2** | DTU | 2010 | ESA |
| **Juno** | DTU | 2011 | NASA |
| **Galileo** | Terma | 2011 | ESA |
| **MSG-3** | Terma | 2012 | ESA + Andre |
| **NuSTAR** | DTU | 2012 | NASA + Andre |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Mission** | **Organisation** | **Opsendt** | **Kunde** |
| **Sapphire** | Terma | 2012 | ESA + Andre |
| **Sentinel-1** | Terma | 2012 | ESA |
| **Galileo** | Terma | 2012 | ESA |
| **Aeolus** | Terma | 2013 | ESA |
| **ERA (ISS)** | Terma | 2013 | ESA |
| **GAIA** | Terma | 2013 | ESA |
| **Lisa Pathfinder** | Terma | 2013 | ESA |
| **Swarm** | DTU | 2013 | ESA |
| **AAUSat-3** | AAU | 2013 | Dansk |
| **GOMX-1** | GomSpace | 2013 | Dansk |
| **BepiColumbo** | Terma | 2014 | ESA + Andre |
| **DTUsat-2** | DTU | 2014 | Dansk |
| **GOMX-2** | GomSpace | 2014 | Dansk |
| **AAUSat-5** | AAU | 2015 | Dansk |
| **Demise Observation Capsule** | GomSpace | 2015 | ESA |
| **GOMX-3** | GomSpace | 2015 | ESA |
| **ExoMars** | DTU | 2016 | ESA + Andre |
| **ExoMars** | Terma | 2016 | ESA + Andre |
| **AAUSat-4** | AAU | 2016 | Dansk |
| **ASIM** | DTU | 2017 | ESA |
| **OPS-SAT** | GomSpace | 2017 | ESA |
| **James Webb Space Telescope** | DTU | 2020 | ESA+NASA |

**BILAG 5: DEFINITIONER OG BESKIVELSER AF VÆRDIKÆDEELEMENTER**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Værdikædeelement og antal** | **Beskrivelse** | **Virksomhedseksempel** |
| **Rumproduktion: 28** | | |
| Satellitter: 20 | Produktion af komplette satellitter, syste- mer (fx strømforsyninger), og komponen- ter som ender i kredsløb om Jorden | GomSpace, Terma, Rov- sing, Flux |
| Rumtransport (raketter mv.): 5 | Produktion til løfteraketter, samt systemer og komponenter dertil | Force Technology, Co- penhagen Suborbitals |
| Jordstationer: 4 | Produktion af komponenter og systemer til, samt komplette, jordstationer til sty- ring af og kommunikation med satellitter og øvrigt isenkram i rummet | Terma, Rovsing, Falck Schmidt Defence Sys- tems, Cobham Satcom |
| Grundforskning: 4 | Produktion af komponenter og systemer til grundforskningssatellitter (fx Rosetta), ISS, og jordbaserede teleskoper (fx ESO) | Danish Aerospace Com- pany, Terma, Kirkholm Maskiningeniører |
| **Rumoperation: 7** | | |
| Satellitoperation: 2 | Styring af egne satellitter samt udlejning og salg af kapacitet på egne satellitter | GomSpace, NaviAir (gennem joint-venture, kommende) |
| Affyringsstøtte: 3 | Operation af rumhavne (kosmodromer) samt salg og mægling af affyringskapaci- tet | Esvagt, Weibel Scientific, Rovsing |
| Operation af jordstationer: 5 | Operation af jordstationer til tredjeparts- kontrol af satellitter samt kommunikation mellem Jorden og satellitter i kredsløb (teleportoperation og nedtagning af Jord- observationsdata) | Danish Aerospace Com- pany, Tele Greenland International, UltiSat, DMI |
| Dataarkiver: 0 | Opmagasinering og samling af rå JO-data som videreformidles til applikationsvirk- somheder |  |
| **Rumapplikationer: 98** | | |
| Rumbaserede software- og konsulenttjenester: 51 | Opbygning af specifikke softwareløsninger til bearbejdning af rumdata samt salg af konsulentydelser hvor satellitdata indgår som væsentligt, uundværligt, input | DHI, Black Box Den- mark, Cubris, Geoteam |
| Salg af brugerenheder: 51 | Salg af brugerenheder til anvendelse af rumdata og -produkter som GPS og satel- litkommunikation. Kategorien indeholder kun virksomheder som vurderes at være i alvorlige problemer hvis satellitterne blev slukket. Detailhandlere med mange vare- numre hvoraf GPS-enheder er et, er uden for analysen | Furuno, Garmin, Leica Geosystems, Bornholms Skibsradio, Gatehouse |
| Fremstilling af brugerenheder: 18 | Fremstilling af apparater til anvendelse af rumdata og -produkter, herunder GPS og satellitkommunikation | Triax, Cobham Satcom, Lars Thrane, Satcom1 |
| Salg af rumtjenester: 13 | Salg og mægling af kapacitet på tredje- parts satellitter (herunder jordobservation og satellitkommunikation) | Emperion, Europasat Denmark, Furuno Broad- band Services |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Værdikædeelement og antal** | **Beskrivelse** | **Virksomhedseksempel** |
| Satellit-tv: 4 | Salg af adgang til satellit-tv | Viasat, Canal Digital, Studios |
| **Følgeservices: 15** | | |
| Markedsanalyse og konsulent- tjenester: 10 | Markedsanalyse og konsulenttjenester med **specifikt** fokus på rummet | 2operate, Oracle Dan- mark, Ticra |
| Formidling: 5 | Formidling af rumrelateret viden i obser- vatorier, museer og lignende | DMI, Planetarier |
| Finans og jura: 0 | Specifikke tjenester med rumfokus | - |
| Forsikring: 0 | Specifikke tjenester med rumfokus | - |
| **Universiteter** | | |
| Grundforskning | Grundforskning inden for astronomi, astrofysik mv. | Aarhus Universitet, Syd- dansk Universitet, DTU, Københavns Universitet |
| Anvendt forskning | Forskning med anvendelse af rummet samt forskning i rumrelaterede teknologier (satellitkomponenter og lignende) | DTU, Aalborg Universitet |
| **Offentlige instanser** | | |
| Forskning: | Forskning med anvendelse af rumdata og  -produkter | DMI og universiteterne |
| Ideudvikling: | Politik- og ideudvikling baseret på rumdata |  |
| **Offentlige og private**  **brugere** | | |
| Brugere af rumbaserede data og produkter | Kommercielle og offentlige brugere af færdigkøbte rumdata og produkter (dvs. uden egen udvikling). | Ministerierne i strategi- gruppen samt øvrige myndigheder |
| Brugere af teknologi og viden fremskaffet gennem rumrelate- re forskning og udvikling | Brugere af rum-udviklet teknologi |  |

**BILAG 6: VIRKSOMHEDSLISTER**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Virksomhedsnavn** | **Virksomhedsnavn** | **Virksomhedsnavn** | **Virksomhedsnavn** |
| 2OPERATE APS | ESVAGT AS | Locus | Sateye |
| Abax | Euman a/s | Logodan A/S | SCAN ANTENNA A/S |
| AJ Geomatics | Europasat Denmark | LYTZEN A/S | Scandinavian Avionics |
| Alexandra-instituttet | Eurotracker ApS | Marimatech A/S | ScanMarine DK Aps |
| AMPLIDAN Danmark | EXPLICIT I/S | Micro-PC Aps | SeaMaster Aps Esbjerg |
| ANYBODY TECHNOLOGY A/S | FALCK SCHMIDT DEFENCE  SYSTEMS | Mobilethink | Seasat A/S |
| ASC P.BALLING ANTENNA SYST | Fleetfinder | NaviAir | ShipIT |
| ASCEND ApS | FLT Alarmer ApS | Necas A/S | Skyhost |
| Ascom | FLUX A/S | NIRAS | SmartGPS.dk |
| ATCOM ApS | FORCE TECHNOLOGY | NKT PHOTONICS A/S | SPACECOM A/S |
| AVIMAR ApS | Furuno Broadband Services | Noliac A/S | SSBV-Rovsing A/S |
| AXCON APS | Furuno DK | NSSLGlobal | Stella Care ApS |
| Black Box | Garmin Nordic Denmark A/S | NXP Semiconductors | Studios |
| Bornholms Skibsradio | GATEHOUSE A/S | OFS FITEL DENMARK APS | Teejet |
| Brorfelde Observatorium | GEA-SAT ApS | OHMATEX APS | Teknologisk Institut |
| Canal Digital | Geoteam A/S | Økolariet | TELE Greenland International  A/S (TGI) |
| Care4all ApS | GOMSPACE APS | ORACLE DANMARK ApS | TeleServe Ltd |
| Cekura | GPS Agro | Orion Planetarium | TERMA A/S |
| CEPTU IVS | GPS-Tracker.dk | Parabol Eksperten | TICRA |
| Clip-Lok SimPak (Scandinavia)  ApS | Hans Buch | ParabolShoppen | ToppTOPO A/S |
| Cobham Satcom | Huber+Suhner | Polar Electro Danmark ApS | TrackMe |
| Copenhagen Suborbitals | HYTEK | Polaris Electronics | Trackunit A/S |
| Cubris | IHM P/S | PRI-DANA ELEKTRONIK A/S | Triax A/S |
| Cuwilak A/S | Informi Gis | PRINS ENGINEERING | TrippleTrack |
| Dan Kontrol A/S | INNOWARE A/S | Procom A/S | Tunstall |
| Dan Technologies A/S | INTEGRA CONSULT A/S | ProMobil ApS | Tycho Brahe Planetarium |
| Danbit | Intelligent Marking ApS | r2pTracking Danmark | UltiSat |
| Danish Aerospace Company | Intergraph Danmark A/S | RADIOLAB CONSULTING | UniqTracking |
| Danmarks Meteorologiske  Institut | Intermec Technologies | RAKETMADSENS RUMLABORA-  TORIUM ApS | VHF Skolen |
| Dansk Beredskabskommunika-  tion A/S | International Rectifier Danmark  ApS | RF Micro Devices (Denmark)  APS | Viasat |
| DFM - Danmarks Nationale  Metrologiinstitut | Jysk Landmåling ApS | ROHDE & SCHWARZ DANMARK  A/S | Vicsat A/S |
| DHI GRAS A/S | KIRKHOLM MASKININGENIO- RER A/S | ROHDE & SCHWARZ Technolo- gy Center A/S | Weebs Aps |
| Ecofleet Systems ApS | KVH Industries | Saab Danmark A/S | WEIBEL Scientific A/S |
| EIVA A/S (HEADQUARTERS) | Lars Thrane A/S | Safecall | WIRTEK A/S |
| Emperion A/S | Leica Geosystems A/S | Satcom1 | Worldtrack |
| ESS-Security | Leica Geosystems Technology | SATCOM1 AIRTIME SERVICES  ApS | XPERION/ACE - ADVANCED  COMPOSI |

**BILAG 7: FORKORTELSER**

**AAU**: Aalborg Universitet

**ADS-B**: Automatic Dependent Surveillance – Broadcast **ADS-C**: Automatic Dependent Surveillance – Contract **AIS**: Automatic Identification System

**ATC**: Air Traffic Control **AU**: Aarhus Universitet **BNP**: Bruttonationalprodukt **BVT**: Bruttoværditilvækst

**CS**: Galileos kommercielle tjeneste

**CTF**: Controlled Traffic Farming

**Cubesats**: En udgave af miniaturesatellitter med en vægt på mellem 0,1 kg og 1 kg, karakterise- ret ved deres kube-formede opbygning af elementer på 10x10x10 cm3. CubeSats er klassificerede som ”picosatellitter”.

**DGNSS**: Differential Global Navigation Satellite System

**DMI**: Danmarks Meteorologiske Institut

**DTU**: Danmarks Tekniske Universitet

**E-ELT**: European Extremely Large Telescope, drives af ESO

**EEA**: Det Europæiske Miljøagentur

**EGNOS**: European Geostationary Navigation Overlay Service

**EGNSS**: De europæiske satellitnavigationsprogrammer, EGNOS og Galileo

**EMSA**: European Maritime Safety Agency

**ESA**: European Space Agency

**ESRO**: European Space Research Organisation **ESERO**: European Space Education Resource Office **ESO**: European Southern Observatory

**EU**: Den Europæiske Union

**EUMETSAT**: European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites

**EUTELSAT**: Udbyder af satellitbaserede tjenester inden for telekommunikation. Oprindeligt etable- ret som en tvær-europæisk organisation, i dag en privat virksomhed. Opererer 38 kommunikati- onssatellitter.

**EØZ**: Eksklusiv Økonomisk Zone (et lands andel af havet)

**FI**: Styrelsen for Forskning og Innovation

**FoU**: Forskning og Udvikling

**FP7**: Den Europæiske Unions 7. rammeprogram

**Galileo**: Et europæisk globalt satellit-baseret navigationssystem og en pendant til det amerikanske GPS. Systemet vil bestå af 24 satellitter. Programmet er initieret af EU i samarbejde med ESA.

**GEO:** Group on Earth Observations

**GEUS**: De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

**GMES**: Global Monitoring for Environment and Security, tidligere navn for Copernicus

**GNSS**: Global Navigation Satellite System

**GSTP**: General Study and Technology Programme

**GPS**: Global Positioning System

**Horizon 2020**: EU’s rammeprogram for forskning og udvikling. Det er opdelt i mange hundrede underprogrammer med et samlet budget på estimeret 80 milliarder euro. Horizon 2020- programmet dækker perioden 2014-2020. Tidligere programmer har været betegnet FP1 til FP7.

**IA**: Investeringsafkast

**ICAO**: Internationale Civil Aviation Organisation

**IMO**: International Maritime Organization

**ISS**: International Space Station

**ITU**: International Telecommunication Union

**JIF**: Journal Impact Factor

**JO**: Jordobservation

**JRC**: Joint Research Centre **KU**: Københavns Universitet **LER:** Ledningsejer-registeret

**Miniaturesatellitter**: En klassifikation af små satellitter ud fra deres vægt. Cubesats er en særlig udgave af picosatellitter:

Minisatellit (100–500 kg)

Mikrosatellit (10–100 kg)

Nanosatellit (1–10 kg)

Picosatellit (0.1–1 kg)

Femtosatellit (0.01–0.1 kg)

**NASA**: National Aeronautics and Space Administration, amerikansk

**NACE**: Nomenclature Statistique Des Activités Économiques, EU’s standardsektornomenklatur

**NOAA**: National Oceanic and Atmospheric Administration, amerikansk

**NOT:** Nordic Optical Telescope

**OECD**: Organisation for Economic Co-operation and Development

**OS**: Galileos åbne tjeneste

**PMU**: Phasor Measurement Unit **QZSS**: Quasi-Zenith Satellite System **RTK**: Real-Time Kinematics

**SAF**: Satellite Application Facilities

**SaR:** Galileos Search and Rescue tjeneste

**SAR**: Synergetic Aperture Radar

**SatCen**: European Union Satellite Centre

**SBAS**: Satellitbaserede augmenteringstjenester, herunder EGNOS

**SDU**: Syddansk Universitet

**SSETI**: Student Space Exploration and Technology Initiative, ESA-program

**SSGP**: Space for Smarter Government Programme, britisk

**SR:** Strategisk Rumforskning

**STEREO** (Solar Terrestrial Relations Observatory): NASA mission

**VLT**: Very Large Telescope, drives af ESO

**VRT**: Variable Rate Technology

**WTP**: Willingness-To-Pay