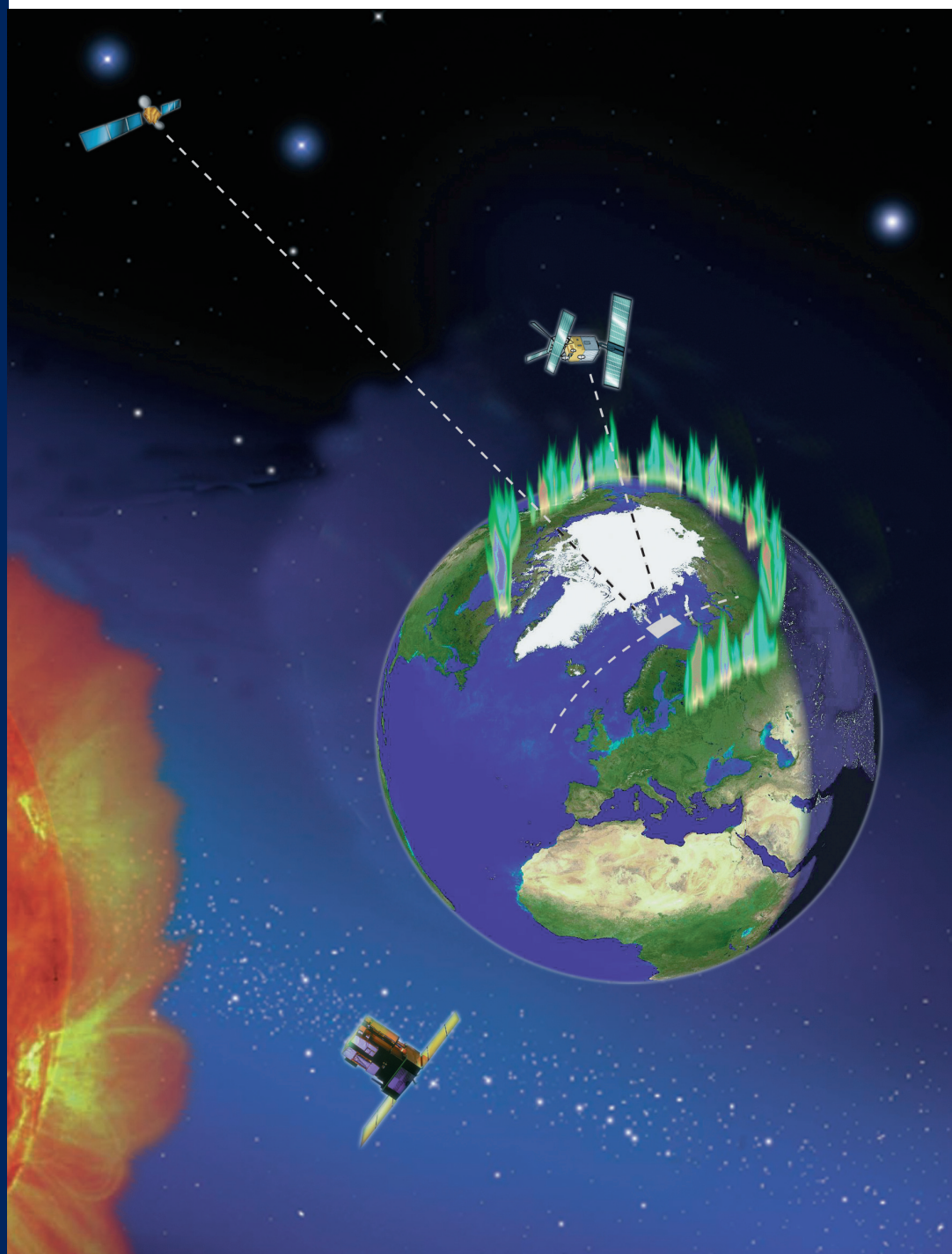


Visjon 2015 – Rom for forskning

*Norske utfordringer og muligheter:
ny satsing på forskning som utnytter rommet*



Visjon 2015 - Rom for forskning

**Norske utfordringer og muligheter:
Ny satsing på forskning som utnytter rommet**

© **Norges forskningsråd 2005**

Norges forskningsråd
Postboks 2700 St. Hanshaugen
0131 OSLO
Telefon: 22 03 70 00
Telefaks: 22 03 70 01
bibliotek@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no/

Publikasjonen kan bestilles via internett:
www.forskningsradet.no/publikasjoner

eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Grafisk design omslag: Oslo Trykk og Kopi AS
Foto/ill. omslagsside: Norsk Romsenter
Trykk: Norges forskningsråd
Opplag: 150

Oslo, september 2005
ISBN 82-12-02215-3 trykt utgave
ISBN 82-12-02216-1 elektronisk utgave (pdf)

Innholdsfortegnelse

VISJON 2015 - ROM FOR FORSKNING	5
1. Forskning <u>fra</u> rommet – Full oversikt over Jorda	9
1.1 Dyktige miljøer med store muligheter	10
1.2 Forskningsutfordringer fremover – metodeutvikling, validering og tjenesteutvikling	12
1.3 Bruk av nye satellittdata – tilgang til kontinuerlige datasett	13
1.4 Viktige problemstillinger for Norge – jordobservasjon til bruk i forskning og forvaltning ...	13
1.5 Relasjon til industri	17
1.6 Departementenes interesser og nytte av forskning <u>fra</u> rommet	18
1.7 Ressurser	18
2. Forskning <u>i</u> rommet	21
2.1 Forskning i fravær av tyngdekraft	21
2.2 Norsk fokus: Materialteknologi og biologiske prosesser	21
2.3 Kobling mot teknologi og industri	22
2.4 Departementenes interesser i forskning i rommet	23
2.5 Ressurser	23
3. Utforskning <u>av</u> rommet	25
3.1 Det nære verdensrom – Et laboratorium på dørstokken	26
3.2 Sola vår stjerne - Solfysikk	30
3.3 Tilgang på data	31
3.4 Simulering og databehandlingskapasitet	32
3.5 Kosmologi	32
3.6 Nye muligheter – geologi i rommet	34
3.7 Teknologibehov og kobling til industri	35
3.8 Departementenes interesser	36
3.9 Ressurser	36
4. Formidling og kommunikasjon	39
4.1 Internett	39
4.2 Medier	39
4.3 Andre muligheter	39
5. KONKLUSJON	41
Appendix 1: Norske forskningsmiljøer innen forskning fra rommet	43
Appendix 2: Norske forskningsmiljøer innen forskning i rommet	45
Appendix 3: Norske forskningsmiljøer innen utforskning av rommet	47
Appendix 4: De ulike departementers nytte av forskning som utnytter rommet	49
Appendix 5: Forklaring av akronymer	53

VISJON 2015 - ROM FOR FORSKNING

SAMMENDRAG

Romforskning foregår i hovedsak langs tre akser: Forskning **fra** rommet (jordobservasjon), forskning **i** rommet (studier av fenomener i vektløs tilstand) og utforskning **av** rommet (studier av himmellegemer m.m.). Følgende utredning belyser status og muligheter for økt norsk satsing på romforskning. Foranledningen til rapporten er en evaluering av Norsk Romsenter fra 2003 som påpekte at den forskningsmessige utnyttelsen av de internasjonale rominvesteringer hadde et klart forbedringspotensiale. Det er samtidig viktig å understreke at denne utredning ikke tar for seg de rent industrielle behovene for støtte til markedsnær og kortsiktig utvikling. Rapporten er utarbeidet av Norges forskningsråd, i samarbeid med Norsk Romsenter, på oppdrag fra Nærings- og handelsdepartementet (NHD) og Utdannings- og forskningsdepartementet (UFD).

Norge er blant de land som har de største **behovene** for, **fordelene** av og **mulighetene** til å utøve forskning som utnytter rommet. Disse forholdene er knyttet til vår geografiske plassering, våre store land- og havareal, vår spredte befolkning, våre levende og fossile ressurser, vårt sårbare miljø, vår infrastruktur og vår forskningsmessige tradisjon og styrke. Norge har lenge, i et vitenskapelig kvalitetsperspektiv, vært en prominent aktør innen romforskningen, som er en viktig kilde til kunnskap om klima, miljø, luft, hav og land.

Romforskning er en teknologikrevende plattform på flere plan: Fra utvikling av raketter og satellitter til utvikling av avanserte sensorer og algoritmer for dataanalyse. For at Norge skal kunne dekke sine behov og utnytte sine internasjonale investeringer må en langsiktig satsing gjennomføres.

Visjon 2015 har som mål at innenfor forskning som bruker rommet skal Norge innen år 2015 være det land som:

- Best utnytter sine forskningsmessige fortrinn
- Er ledende innen utvalgte forskningsområder av internasjonal betydning
- Har best tilgang på relevant informasjon fra rommet
- Gjennom forskning har den beste samfunnsintegrasjon av rominformasjon

Norsk romforskning imøtekommer anbefalingene i **Forskningsmeldingen** ved en styrking av **naturvitenskapelig og teknologisk** forskning generelt og en styrking av **følgeforskningen** fra internasjonale medlemskapsavtaler spesielt. Videre er Norge vertsland for internasjonalt attraktiv **forskningsinfrastruktur** som European Incoherent Scatter (EISCAT) radaranleggene utenfor Tromsø og i Longyearbyen, Andøya rakettskytefelt (ARS) osv, og norske forskere har derved både tilgang til høykvalitets data fra de beste installasjonene samt mulighet til nært samarbeid med ledende forskningsgrupper i andre land.

Grunnleggende forskning innen romforskning tar sikte på å beskrive og forstå fenomener i verdensrommet som omgir oss, både det nære og det fjerne, og å forstå hvordan fysiske, kjemiske og geologiske prosesser endrer vår egen planet og påvirker oss som bebor den. Denne forskningen er avgjørende for menneskehetens forståelse av sin plass i verdensaltet, fra hvordan liv blir til og hvordan det kan opprettholdes i framtiden. **Anvendt forskning** og **metodeutvikling** er nødvendig for å kunne utnytte de observerte fenomenene, mens **teknologeutvikling** og **kommersialisering** samt **anvendelser** i offentlig forvaltning er neste

skritt i denne kjeden for å forbedre menneskers levekår og produsere stadig bedre tekniske hjelpemidler. Norge har i dag flere internasjonalt anerkjente miljøer innenfor alle disse arenaene, som genererer bl.a. banebrytende **kunnskap**, **regional industriutvikling** og **sysselsetting** samt en betydelig **eksportinntekt**. Eksportandelen av romindustrien er på over 80 % og beløp seg i 2004 til en omsetning på ca. 5,3 milliarder kroner, hvorav mesteparten er innen feltet satellittkommunikasjon. Visjon 2015 foreslår en betydelig satsing innen den grunnleggende forskning som utnytter rommet. Dette er et nødvendig underlag for videre utvikling av anvendelser og fremtidig industribygging ved at forskningsmiljøene får mulighet til å være krevende kunder for norsk industri.

Den nasjonale romforskningen har et sterkt **internasjonalt** preg, og Norge er bl.a. medlem av European Space Agency (ESA), European Incoherent Scatter Scientific Association (EISCAT) og Nordic Optical Telescope (NOT). Gjennom disse medlemskapene får norske forsknings- og utviklingsmiljøer tilgang til viktige arenaer for kunnskapsdeling. Likevel har Norge p.t. et betydelig **potensiale** for bedre utnyttelse av internasjonale medlemskap. Videre har norsk romforskning dyktige, men gjennomgående små, miljøer med grunnlag for ekspansjon. Forskningen som denne satsingen innebærer vil ha stor betydning for forbedret samfunnsnytte av romvirksomheten, for eksempel innen skredvarsel, værvarsling, navigasjon og kommunikasjon.

Nord-Norge, med sin geografiske plassering i nordlyssonen, spiller en viktig rolle i norsk romforskning. Rundt lidarobservatoriet ALOMAR, rakettskytefeltet på Andøya med rakettoppskytningsprosjektet SvalRak ved Ny-Ålesund, samt EISCAT utenfor Tromsø og på Svalbard, har det vokst frem livskraftige forsknings- og utviklingsmiljøer av internasjonalt format. Disse miljøene skaper arbeidsplasser med høye kompetansebehov, og det skapes nærings- og samfunnsmessige ringvirkninger i hele regionen. Det har dessuten politisk og strategisk betydning at Norge aktivt utøver, og har ledende miljøer innen, geofysisk forskning i nordområdene.

For å realisere **Visjon 2015** må det satses spesifikt på følgende forskningsområder:

- Signalforståelse og konvertering til fysiske størrelser av jordobservasjonsdata
- Rommet, atmosfære, hav, land, polare områder og klima
- Dynamikken i våre hav- og landområder
- Sol- og det nære verdensroms fysikk
- Kosmologi – det tidlige univers og veien til dagens forhold
- Biologi og materialer i rommet

For å gjennomføre denne forskningsmessige satsingen må teknologisk utvikling og infrastruktur styrkes innen:

- **Instrumentutvikling** for satellitter og raketter
- **Metodeutvikling** for bruk av informasjon samlet inn ved satellitter
- Innkjøp og innhenting, bearbeiding og forståelse, distribusjon og lagring av **informasjon**
- **Kunnskapsoverføring** mellom forskningsmiljøer, industri og offentlig forvaltning
- **Deltakelse** i et utvidet og videreutviklet EISCAT og European Southern Observatory (ESO)

Denne utredningen peker på behov for en vesentlig styrket innsats i forskningssystemet. Det foreslås **tre ulike aktivitetsnivåer**, der minimumsnivået (65 MNOK pr år) ivaretar dagens aktiviteter innen jordobservasjon, mikrogravitasjon- og rakettvirksomhet samt minimums-

deltakelse i EISCAT og NOT. Et middels nivå (96 MNOK pr år) innebærer bl.a. utvidelse av nasjonal aktivitet gjennom utnyttelse av eksisterende og planlagte satellittprosjekter og nasjonal bakkeinfrastruktur, samt utvidet deltagelse i EISCAT og NOT. Et godt nivå (156 MNOK pr år) vil bringe Norge opp på europeisk nivå med deltagelse i ESO, videreutvikling av norsk rom- og romrelatert forskning, rekruttering av nye generasjoner forskere samt nærmere kobling mellom industri og forskningsmiljøer.

I. Forskning fra rommet – Full oversikt over Jorda

Norge har helt spesielle behov innen forskning **fra** rommet. Disse behovene omfatter mange fagområder, særlig i forbindelse med:

- Forståelse av våre store og nordlige havområder, fra oseanografi og miljø til sikkerhet.
- Klimaforandringers innvirkning på hav og land.
- Nasjonal kartlegging og overvåking, spesielt knyttet til internasjonal rapportering.
- Overvåking av rasfare og miljøtrusler.

Samtidig har Norge helt spesielle muligheter og fortrinn gjennom:

- Sin nordlige beliggenhet som gir best dekning fra de fleste satellittene.
- En godt utbygd og effektiv infrastruktur som raskt kan bringe tilpassede data til brukerne.
- Et godt kvalifisert forskningsmiljø med fortsatt utviklingspotensiale.
- En gryende forståelse av mulighetene til å utnytte forskningsresultater i forvaltningen.

Norge investerer årlig ca. 100 mill kr for deltakelse i satellittprogrammer som gir data om jorda og dens atmosfære. Totalverdien av de jordobservasjonssatellitter som gjennom internasjonalt samarbeid i prinsippet står til disposisjon for norske forskere for forskning **fra** rommet, er mer enn 25 milliarder kroner. En viktig målsetting ved dette forslaget til forskningsprogram er å sikre at disse store investeringene i jordobservasjonssatellitter blir optimalt utnyttet av norske forskningsmiljøer.

Data fra jordobservasjonssatellitter er *en viktig informasjonskilde* om planeten vi bebor. Observasjonene er nødvendige for å forstå omgivelsene og utnytte dem i praktiske anvendelser på lokalt, regionalt og globalt nivå. Styrken til satellittmålinger er at de gir *systematiske* og relativt *hyppige* dataopptak over *store områder* med *enhetlige metoder*. Satellittdata har i løpet av de siste 10 årene utviklet seg til å bli *en nødvendig del av observasjonsgrunnlaget* for værvarsling, havovervåking, sjøiskartlegging, overvåking av avskoging og skogbranner, grunnlag for kart og overvåking av polarområdene.

Norge kontrollerer store marine ressurser og overvåkingen av havområdene, samt forståelse for hvordan de forandres, er i ferd med å bli kraftig forbedret ved bruk av satellitter. Informasjon om havstrømmer, vannkvalitet og forurensning er viktige elementer i forvaltningen av våre kyst- og havområder.

En global forandring av klimaet vil påvirke Norge på måter vi ikke vet nok om. Norsk og internasjonal forskning har vist at isen i Arktis minker fort, men vi vet altfor lite om hvordan dette vil påvirke havstrømmene og derved vårt lokale klima. På under 20 år viser satellittmålinger at våren har kommet gjennomsnittlig to uker tidligere i det sørlige Skandinavia. Det har stor betydning for landbruk og turisme. Satellittmålinger kan også levere materiale for å beregne små bevegelser av landoverflaten og bygninger. Dermed kan faren for naturkatastrofer, som ras og jordskred, estimeres med større nøyaktighet og vi kan kartlegge bevegelse av isbreer. Data om snømengde er viktige for klimaovervåkingen, for forståelse av jordas energibalanse, for forvaltning av vannressurser og for flomvarsling.

En del av den informasjon som satellitter kan gi om jorda kan samles inn uten satellitter, men ikke av en slik jevn kvalitet eller like kostnadseffektivt. Satellitter er helt avgjørende fordi:

- De gir homogene, repeterbare og globale målinger uavhengig av politiske og geografiske grenser.
- De kan observere områder som er vanskelig tilgjengelige for omfattende in-situ observasjoner, for eksempel den øvre atmosfære og i hav- og polområdene.
- De kan gi grunnlag for å se på jorda som ett samlet system.

Det er trolig også et stort potensial for å kunne få mer ut av landbaserte observasjonsdata/målestasjoner gjennom bedre satellittdata og en bedre koordinering mellom satellittbasert og jordbasert datainnhenting.

En rekke forskningssatellitter (ESA Earth Explorers) med norsk deltakelse er nå under bygging i ESA og vil bli skutt opp i løpet av de nærmeste år:

- CRYOSAT 2005 Tykkelse, høyde, masseendring av pol-is og isbreer
- GOCE 2006 Tyngdefeltet og geoide (herfra kan avledes havsirkulasjon)
- SMOS 2007 Jordfuktighet og saltholdighet i havet
- ADM-Aeolus 2008 Vindmåling med laser (vertikal hastighet)
- SWARM 2009 Magnetfeltet
- EarthCARE 2012 Skyer, aerosoler, stråling

Av mer operative satellitter som også vil by på nye muligheter for forskning, må spesielt nevnes den europeiske vær-satellitten Metop-1 (2006) og den kanadiske radarsatellitten Radarsat-2 (2006). ESA har også planer om en hel familie av mer operative jordobservasjons-satellitter (Sentinel-1, -2, -3, -4, -5). De vil være avhengig av betydelig forskningsinnsats før operativ bruk er på plass og vil samtidig gi vesentlige bidrag til langsiktige observasjonsserier av sentrale miljø- og klimaparametre.

1.1 Dyktige miljøer med store muligheter

En av hovedsatsingene da Norge i 1987 besluttet å bli medlem av den europeiske romorganisasjonen ESA, var *marin overvåking med fokus på radarteologi*. Bruk av satellitter til observasjon av jorda var på midten av 1980-tallet i sterk vekst internasjonalt. En bevisst satsing på kompetanse og infrastrukturopbygging knyttet til forståelse og analyse av SAR (Synthetic Aperture Radar)-data gjorde at Norge i løpet av kort tid markerte seg i det internasjonale forskningsmiljøet innen dette feltet. Sterke forskningsmiljøer ble utviklet ved Nansensenteret (NERSC), FFI, Norut-IT og Norsk Regnesentral. Flere av de norske aktørene har senere hatt stor suksess innen jordobservasjonsrelevante deler av rammeprogrammene til EU. Nansensenteret har også etablert forskningsfilialer i flere andre land. Norge har i liten grad satset på denne kompetansen i sin forskning.

Samtidig ble det rundt Tromsø Satellittstasjon utviklet *verdensledende* kapasitet på rask håndtering og bearbeiding av SAR-data gjennom et nært samarbeid mellom FFI og det som i dag er Kongsbergselskapene Spacetec og KSAT. En stor del av disse selskaperes tjenester eksporteres i dag til interessenter over hele verden.

Internasjonale initiativ for å få til felles global satsing på å *koordinere observasjonskapasiteten* og fremskaffe informasjon basert på satellittdataene er i gang. I Europa har EU, ESA og deres medlemsland gjennomført en innledende fase av GMES-programmet (Global Monitoring for Environment and Security). Gjennom ESA, EU og nasjonale programmer har implementeringen startet med sikte på å levere operative tjenester i 2008. Tjenestene innen

nødhjelp, miljø- og sikkerhetsovervåkning på sjø og land er valgt ut for hurtig implementering.

Internasjonale avtaler som for eksempel Kyoto-protokollen pålegger Norge å rapportere en rekke parametre. Bruk av satellittobservasjoner kan i denne sammenheng være kosteffektivt eller nødvendig for å sammenlikne på tvers av landegrenser.

Etter initiativ fra USA er en internasjonal koordinering av den globale jordobservasjonskapasiteten under utvikling. En Global Earth Observation System of System (GEOSS) implementasjonsplan for de neste 10 årene ble vedtatt på ministerkonferansen i Brussel i februar 2005 og et sekretariat etableres ved WMOs hovedkvarter i Geneve.

GEOSS er et betydelig internasjonalt samarbeid som skal gjøre oss bedre i stand til å betjene viktige samfunnsnyttige behov. Hensikten er å sikre en koordinert langsiktig forpliktende innsats for å utføre globale observasjoner både fra rommet og in-situ. Dataene må være sammenlignbare og lett tilgjengelige. Bruk av felles standarder og enhetlige evalueringskriterier må utvikles.

Nytten av GEOSS vil være innen:

- **nødhjelp og krisehåndtering**
- **miljøfaktorenes betydning for helse**
- **forvaltning av energiressurser**
- **klimavariasjoner og endringer**
- **vannressursforvaltning**
- **værvarsling**
- **forvaltning og bevaring av land-, kyst- og marine økosystemer**
- **bærekraftig jordbruk og arealbruk**
- **bevaring av biologisk mangfold**

Norge med sin beliggenhet er spesielt avhengig av kunnskap om de marine og polare ressursene vi forvalter, og om de geofysiske prosessene som styrer klima- og miljøutviklingen. GMES vil være et vesentlig element i å utvikle tjenester og sikre kvaliteten på disse. Norske miljøer må ha anledning til å delta aktivt i GMES-utviklingen for å sikre at tjenestene som utvikles for Europa er tilpasset våre behov, og sette norske institusjoner og tjenesteleverandører i stand til å levere tjenester til andre europeiske brukere.

Statlige institusjoner i Norge som bruker jordobservasjonsdata er: Direktoratet for miljøforvaltning, Fiskeridirektoratet, Forsvaret, Kystvakten, Kystverket, Landbruksmyndighetene v/NIJOS, Meteorologisk institutt, Norges Geologiske Undersøkelse, Norsk polarinstitutt, Statens forurensningstilsyn, Statens kartverk og Riksantikvaren. Vesentlige utviklere, forskningsmiljøer og industri er: Forsvarets forskningsinstitutt, Havforskningsinstituttet, Kongsberg Satellite Services, Kongsberg Spacetec, Meteorologisk institutt, Nansensentret for miljø og fjernmåling, Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, Norsk institutt for kulturminneforskning, Norsk institutt for luftforskning, Norsk institutt for naturforskning, Norsk institutt for vannforskning, Norsk polarinstitutt, Norsk Regnesentral og Norut-IT, universitetene og flere av høyskolene og øvrige FoU-institutter. Korte omtaler av de sentrale norske fagmiljøene innen forskning fra rommet er gitt i Appendix 1.

Med sine store land- og havområder, liten og spredt befolkning, skiftende og tildels vanskelige værforhold har Norge spesielt stor nytte av globale navigasjons- og posisjons-hjelpemidler, som det amerikanske satellittnavigasjonssystemet GPS. Norge er nå med på

utviklingen av det europeiske navigasjonssatellitssystemet Galileo i ESA og forhandler med EU om deltakelse i EU-delen av Galileo. I forskningssammenheng kan signaler fra navigasjonssatellitter anvendes både innen geodesi, studier av jordas indre og i studier av atmosfæren. Innen denne forskningen er det særlig FFI, Statens kartverk og Universitetet for Miljø- og Biovitenskap som er aktive.

1.2 Forskningsutfordringer fremover – metodeutvikling, validering og tjenesteutvikling

Det er en betydelig forskningsinnsats som trengs for å kunne forstå, tolke og evaluere data fra nye satellittinstrumenter. Skal Norge opprettholde sin posisjon i fremste rekke innen utnyttelse av jordobservasjon i fremtiden, må vi *fornye og videreutvikle vår kunnskapsbase*.

Fremtidige utfordringer ved bruk av satellitter er knyttet til instrumentering, metoder for måling, algoritmeutvikling for dataekstraksjon, satellittobservasjoner i kombinasjon med numeriske modeller, assimilasjon inn i modeller og utvikling av robuste metoder. Spesielt komplisert og viktig er utvikling av metoder for georeferering, multisensor, multitemporal, multiskala og hyperspektral dataanalyse, samt polarimetrisk og interferometrisk bruk av satellittradar.

Regionale tilpasninger, metoder og valideringer er knyttet til både hav, land og atmosfære. Fra ekvator til polene går satellittenes målinger gjennom ulike typer atmosfære som påvirker målingene. Internasjonale forskergrupper utvikler ofte metoder og algoritmer på en generell modellert atmosfære eller for de store havområdene. For å kunne forstå satellittmålingene i våre områder, er det viktig at forskerne i Norge kan validere og utvikle egne algoritmer for problemstillinger knyttet til atmosfæren på våre breddegrader, våre kystvann osv. Forskning i overgangen fra elektromagnetisk signal til geofysisk parameter er kritisk og essensiell for å forstå og utnytte informasjon fra satellitter.

Forskningsutfordringene går derfor langs tre akser:

- å **forstå** hva satellittene måler og utvikle gode metoder for overgangen fra elektromagnetisk måling til geofysiske eller biofysiske parametre ("signalforståelse")
- å gjøre informasjonen **tilgjengelig** og tilrettelagt for forskere og andre brukere
- å **utnytte** ulike satellittmålinger innen forskjellige forskningsfagfelt
- å danne grunnlaget for utvikling av samfunnsnyttige anvendelser.

Norsk Romsenters jordobservasjonsprogram har i hovedsak vært rettet mot dette i 10 – 15 år. Resultatet er at Norge som en av få nasjoner i verden nå utnytter radardata fra satellitt i sin operative overvåking av havområdene.

Skal norsk forskning og forvaltning være i stand til å nyttiggjøre seg mulighetene nye satellitter gir, kreves det en økt satsning på kvalitativ forskning, *prioritert innen områder som er viktige for Norge*, og der vi har muligheter til å utføre *internasjonalt konkurransedyktig* forskning. Norge er med i ESAs Earth Explorer-programmene og EUs forskningsprogrammer. Norske forskningsmiljøer må utnytte dette ved å delta i enkeltprosjekter og derigjennom oppnå tilgang på forskningsdata og finansiering.

Internasjonalt er vesentlige problemstillinger innen hav, polar, atmosfære, land og klima definert i store samarbeidsprogrammer som WCRP (World Climate Research Program) og IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme). Bredden av instrumenter og

observasjoner er i rask utvikling og betydning av satellittdata i disse programmene har i de siste årene økt betraktelig. Langsiktige systematiske observasjoner fra satellitt er vesentlige når endringer i globale systemer skal dokumenteres. Norske forskere deltar i disse internasjonale samarbeidsprogrammene, *men har på langt nær vært i stand til å utnytte det potensialet som bruk av satellittdata gir*. Det er strategisk viktig for Norge å ha nasjonal kompetanse på bruk av satellittdata innen slik forskning.

1.3 Bruk av nye satellittdata – tilgang til kontinuerlige datasett

ESA-satellitten ENVISAT skaper forskningsaktiviteter ved flere institutter og universiteter. ENVISAT har 10 instrumenter ombord, hvorav tre er spesifikt anrettet mot måling av atmosfæren og de andre mot hav/land/is. Den første ESA Earth Explorer, CryoSat, kommer opp høsten 2005 og vil måle isstykkelse. Den etterfølges av GOCE høsten 2006 hvor målet er nøyaktig bestemmelse av jordens tyngdefelt og geoider. Flere norske forskningsmiljøer er med i forberedende undersøkelser og vil ta aktiv del i valideringen av målingene fra disse nye satellittene. Forskere får prioritert tilgang på data ved å søke når ESA utlyser såkalte Announcement of Opportunities (AO). Slike AO prosjekter må finansieres utenfor ESA. Har Norge gode forskningsmiljøer kan de være med å foreslå fremtidige Earth Explorer-prosjekter og gjennom det ha sentrale roller i prosjektet. På forskningsfeltene hvor jordobservasjon er viktig, finnes det flere relevante programmer for norsk deltakelse i EUs 7. rammeprogram (7RP).

NASA stiller også data til disposisjon for forskere gjennom AO-prosesser. Flere norske miljøer som NERSC, NP, NILU og NORUT utnytter data fra amerikanske satellitter, da dataene ofte er komplementære i forhold til de europeiske. KSAT i Tromsø leser ned flere typer data for nasjonale og internasjonale kunder. Utvalgte data kan stilles til disposisjon for norske forskere. Det kreves imidlertid en prosess for å sikre at norske forskere kan utnytte satellittmålinger på forskningsfelter hvor de har en klar tilleggsverdi. En bedre utnyttelse av satellittdata krever at forskere ved universiteter og institutter får tilrettelagt observasjonene slik at de enkelt kan utnyttes i fagdisiplinene. Programmet vil derfor bidra til at betydelige mengder jordobservasjonsdata av ulike typer vil bli stilt til rådighet for norske forskere på en form som vil gi enkel utnyttelse. Videre skal programmet bidra til metodeutvikling for å kunne integrere historiske datasett fra ulike kilder med satellittdata for å bygge opp lange tidsserier innen viktige områder.

Viktige datasett for Norge:

- **dekning av norske havområder med radardata og optiske data med medium oppløsning for suverenitetshevdelse og miljøovervåking samt for studier av polarområdene**
- **dekning med radardata (SAR) over utvalgte landområder for vurdering av snødekke, rasfare, snøskred og nedsynkning i utsatte områder**
- **optiske data med midlere til grov oppløsning for overvåking av vegetasjonsdekke bl.a. mht. klimautviklingen**
- **satellittinformasjon integrert med historiske datasett for å gi lange tidsserier**

1.4 Viktige problemstillinger for Norge – jordobservasjon til bruk i forskning og forvaltning

1.4.1 Hav

Vi har faglig kompetente miljøer i Norge og har registrert 11 forskningsinstitutter med virksomheter innen havforskning som i flere tiår har jobbet med oseanografiske problemstillinger og satellittdata. Det å *forstå og overvåke kyst- og havstrømmer* er en essensiell

kunnskapsbase for ressursforvaltningen. De sentrale drivkreftene for havene er vind, varmeutvekslingen mellom hav og atmosfære og saltutvekslingen. Med Earth Explorer satellitten SMOS vil en for første gang kunne måle saltholdighet i havene med satellitt. GOCE satellitten vil med sine målinger gi en nøyaktigere geoide, vesentlig for bedre å beregne havnivået, havstrømmer og øke forståelsen av jordas indre.

Satellittobservasjoner er i dag den fremste kilden for å fremskaffe pålitelig informasjon om vind og overflatetemperatur på havet. Likeledes kan også bølgehøyde, -energi og -retning nå måles fra satellitt. Betydelige fremskritt er gjort innen direkte og indirekte observasjon av havstrømmer og virvler. Dette er viktig både for offshore-operasjoner og i klimasammenheng.

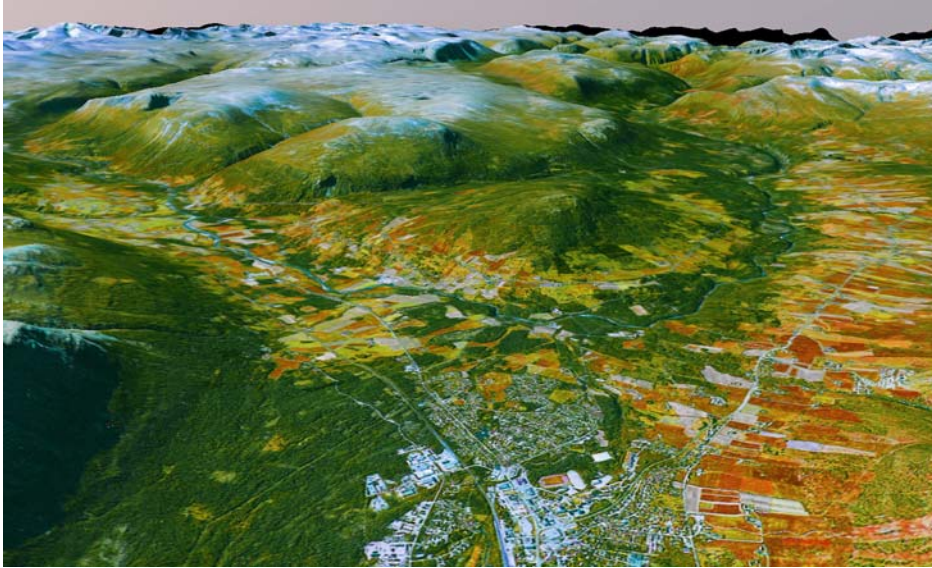
For å forstå havets optiske egenskaper og utvikle omregningsfunksjoner for å beregne klorofyll, gulstoff, siktedyp, osv. er det essensielt å kunne etablere forståelse mellom måling og geofysiske parametre. Bedre forståelse av havet vil muliggjøre bedre beregninger av biomassen, noe som vurderes som en lite forstått og kritisk faktor i klimaforskningen. Alger er viktige ressurs- og miljøparametre som følger kyst- og havstrømmene. Forståelse av havet er igjen essensielt for å utvikle pålitelige klimamodeller. Informasjon om, og overvåking av, vannkvalitet og forurensninger er sentrale elementer i kystforvaltningen og er i økende grad avhengig av høykvalitetsforskning. En tjeneste er utviklet i Norge for satellittbasert detektering av oljeforurensing, og tjenesten leveres fra Tromsø til flere europeiske land.

Bruk av satellittdata er underutnyttet i forhold til potensialet og tilgangen på data. For å øke forståelsen av prosessene, må utnyttelse av satellittdata brukes aktivt sammen med andre data i modeller og analyser. Bedre analysemetoder og algoritmer må utvikles for å kunne anvende data fra flere ulike instrumenter samtidig (multisensor).

1.4.2 Land

Geodesivirksomheten i Statens kartverk fremskaffer fundamentet for all geografisk informasjon, navigasjon og posisjonsbestemmelse ved å måle og føre oversikt over jordens størrelse og form, samt drifte og videreutvikle de nasjonale tjenestene for nøyaktig *satellittbasert posisjonsbestemmelse*. Denne type informasjon er selvsagt helt nødvendig for dagens og fremtidens digitale tematiske kart. Kartproduksjon i fin målestokk gjøres primært basert på meget detaljerte flyfoto. For produksjon og hurtig oppdatering av kart i noe grovere målestokk blir bruk av satellittbilder stadig mer aktuelt.

God natur- og ressursforvaltning er avhengig av oversiktlig informasjon om arealdekke og arealbruk på ulike detaljeringsnivå. Tidsserier for arealendringer som er viktige i overvåkingen av biologisk mangfold mangler i dag, og satellittbilder synes å være en naturlig løsning her. Tidsserier er også nødvendige for å kunne overvåke geologiske prosesser i ustabile områder, forurensning fra industriutslipp, naturlige geokjemiske farer (tunge metaller, radiogene avsetninger), og kunne overvåke naturlige variasjoner i naturen, f.eks skogbranner, flom og arealendringer. Koblinger mot klima og klimaets innvirkning på dyr og planter er nødvendige for forståelsen av *endringer i landskaps-utviklingen*, inklusiv tap av biologisk mangfold og i gjengroings- og skoggrenseproblematikken. Skog er en vesentlig naturressurs i Norge som er velegnet for bruk av satellittovervåking som supplement til bakke- eller flyobservasjoner. Med Earth Explorer-satellitten SMOS vil det være mulig å få global informasjon om en ny, sentral parameter som fuktighet i jordsmonnet. Perspektivene for utnyttelse av denne informasjonen strekker seg fra våre nasjonale behov innen landbruk og skogsdrift til ressurskartlegging i den tredje verden. Helt nye måleteknikker som bruk av lidar synes å ha svært stort nyttepotensial når det gjelder estimering av biomasse.



© SPOT Image/Metria/Geodatasenteret AS/Sintef/SatNat/NRS 2004

Fig.1 Kombinasjon av bearbeidet satellittbilde med høydemodell fra typisk norsk terreng.

For nedsynking av områder, skredovervåking og ulike typer av geologiske risikoområder har det lenge vært vanskelig å fremskaffe målinger som gir tilfredsstillende informasjon. SFF – International Centre for Geohazards - ønsker å utnytte interferometrimetoder på radardata for å fremskaffe slik informasjon. Dette vil kreve betydelige ressurser både til metode- og algoritmeutvikling, samt til modellering. Det ligger dessuten et betydelig potensiale i samkjøring av målinger fra jordobservasjons- og navigasjonssatellitter. Omfanget av ”geohazards” varierer fra globale/regionale fenomen (100.000 – 1 mill. berørte mennesker) til lokale/nasjonale (berører fra noen få opptil 1000 mennesker), og disse krever forskjellige typer beredskap. I forbindelse med nødhjelpsoperasjoner etter naturkatastrofer i Norge eller utenlands vil informasjon fra satellitter kunne spille en viktig rolle.

Med vår spredte befolkning har Norge som samfunn store behov for resultatene fra slik land-orientert forskning. Vi har utsatte områder hvor annen kontinuerlig overvåking er vanskelig. Det finnes mange satellitter både i bane og på planleggingsstadiet som kan levere data som forskningsmiljøene kan utnytte. 10-15 norske forskningsinstitutter har aktiviteter på området. Også når det gjelder prosesser i jordas indre (magnetfelt, jordrotasjon, polvandring) har Norge et ansvar for å bidra med forskningsinnsats for felles bedre forståelse av kloden vår. Her vil nye satellitter som GOCE, SWARM og Galileo-systemet representere store steg fremover.

1.4.3 Kryosfære/polare områder

Dette er et felt som forskningen i Norge naturlig nok har hatt et sterkt fokus på, og i tillegg er 2007 utpekt til International Polar Year (IPY). Både i Arktis- og Antarktiskforskningen har *satellittdata gitt ny kunnskap*. For mange forhold er dette ofte eneste mulige datakilde. Likevel er potensialet ved satellittdata på langt nær utnyttet. ESAs CRYOSAT forventes å åpne helt nye muligheter i studiet av isforholdene.

Forurensing som følger havstrømmene mot/i polhavene, havis som transportmedium av forurensing samt isfluks og isdynamikk er ikke godt nok forstått. Her kan satellittdata gi ny kunnskap, som igjen kan gi nyttig informasjon til forvaltningen av marin og terrestrisk økologi og habitat.

Overvåking av havisen i polarområdene og av isbreene er viktig for forståelsen av klimaendringer. Spesielt er det viktig å sikre lange, sammenlignbare tidsserier av satellittdata. Utnyttelse av satellittdata for å kunne beregne massebalanse, isdynamikk og overflateklassifisering krever studier og forbedringer av algoritmer og metoder som interferometri. Mellom 7 og 10 forskningsinstitutter arbeider med slike problemstillinger.

Snødekket er en særdeles viktig komponent både innen anvendt hydrologi (vannkraft, flomfare) og når det gjelder energibalansen i kryosfæren. Både optiske instrumenter og radarinstrumenter på satellitt kan gi nyttig informasjon om snødekket.

1.4.4 Atmosfære

Endringene i jordas atmosfære og andre deler av klimasystemet, samt forandringer av globale økosystemer, kan bare dokumenteres gjennom *langsiktige systematiske globale satellitt-observasjoner*. Nye sensorer i rommet de fem siste årene gjør at viktige forskningsoppgaver er knyttet til algoritmeutvikling for ekstraksjon av relevante parametre og metoder for multiinstrument bruk. Videre er det nødvendig at dataene kan utnyttes i modeller, og assimilasjonsteknikker for dette må utvikles for å integrere satellitt- og bakkebaserte målinger. *Validering* er sentrale oppgaver, *spesielt på høye breddegrader*. Lav solvinkel gjør at optiske målinger krever spesiell fokus. Norske forskere må dessuten begynne å forberede seg på ESAs kommende satellitt ADM-Aeolus som skal gjøre lasermåling av vinder i atmosfæren. 5 -7 forskningsinstitutter arbeider med atmosfærerelaterte problemstillinger.

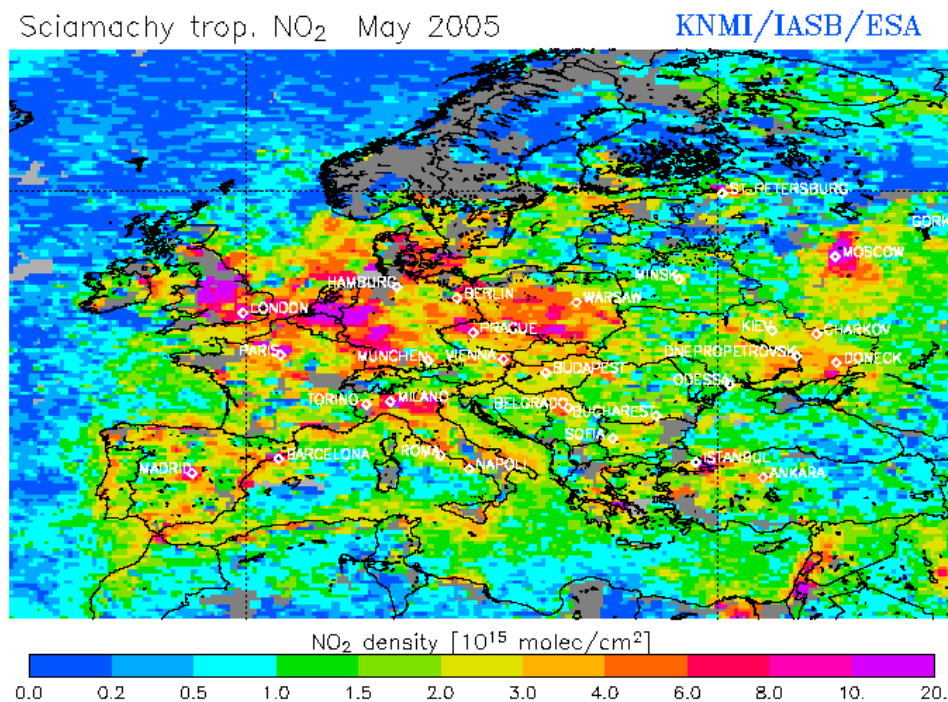


Fig.2 Med ENVISAT er det nå mulig å måle regionale forskjeller i NO₂ utslipp

1.4.5 Klima

Forskning relatert til globale klima- og miljøendringer er en *vesentlig premissleverandør* i utviklingen av jordobservasjonssatellitter. Utnyttelsen av data og kunnskap behandlet under de andre temaene over vil være viktige i klimaforskningen. Rundt 9 til 10 norske institutter har klimaforskning ved hjelp av satellittdata i sin prosjektportefølje.

1.4.6 Navigasjon og tidssynkronisering

Navigasjonssatellitter som GPS og Galileo vil bli helt fundamentale elementer i morgendagens samfunnsinfrastruktur. Den generelle bruken av slike satellitter innen navigasjon og tidssynkronisering er ikke tema for dette romforskningsprogrammet, men innen programmets satsing på signalforståelse vil det være naturlig at mulige feilkilder knyttet til navigasjonssignalet's forsinkelse i ionosfæren, blokkering eller refleksjon fra fjell og effekten av flate innfallsvinkler langt nord studeres. Det kan også bli aktuelt å studere visse aspekter ved neste generasjon Galileo mot slutten av programperioden.

1.4.7 Satellittkommunikasjon

Satellittkommunikasjon er et stort og viktig anvendelsesfelt av romteknologi, og utviklingen her er primært kommersielt drevet i Europa. Utvikling av SatCom-teknologi dekkes i flere programmer i ESA- og EU-regi. I forhold til denne forskningssatsingen er det primært fundamentale spørsmål knyttet til propagasjon av kommunikasjonssignaler i atmosfæren på nordlige breddegrader og romværets innvirkning på satellittkommunikasjon som vil være aktuelle temaer.

Sentrale problemstillinger for Norge hvor satellittobservasjoner er essensielle:

- **som havnasjon langt mot nord er det av avgjørende betydning at vi har kunnskap om hav og kyst, samt vår atmosfære – satellittmålinger er her uvurderlige**
- **polområdene er sentrale i den globale klimautviklingen – nye satellitter vil gi viktig ny kunnskap**
- **store fjellområder og viltforvaltning krever oversikt – satellittbaserte metoder blir nødvendige**

1.5 Relasjon til industri

Forskning innen jordobservasjon og utvikling av tjenester som bruker satellittdata rutinemessig påvirker teknologiutviklingen. Den infrastrukturkapasiteten som finnes i Norge i dag er utviklet gjennom et tett samarbeid mellom forskningsinstitutter og industrien. Norge er gjennom stasjonene i Tromsø, på Svalbard og i Antarktis *verdensledende på tjenester* til eiere av jordobservasjonssatellitter. Store deler av systemene som brukes er utviklet og produsert i Norge, takket være en tidlig satsning på *kosteffektive løsninger for rask tilgang på radardata*. Kongsberg Spacotec har vist at dette gir muligheter for suksess i det internasjonale markedet for utstyr og systemer innen jordobservasjon. Kongsberg Satellite Services er en betydelig tjenesteleverandør i Nord-Europa.

Tilgang på og prosessering av data fra nye satellitter vil kreve videreutvikling av infrastrukturkapasiteten og av leveranser av tjenester til nasjonale og internasjonale brukere. Bedrifter som er i stand til å levere tjenester basert på satellittdata har store utfordringer og muligheter, og oppdrag innen romvirksomheten kan lede til industrialisering av beslektede produkter og være en innfallsport til nye markeder. Gjennom GMES vil mange bedrifter i Europa utvide sin produktportefølje og flere nye bedrifter utvikles. Dette vil skje gjennom tett samarbeid mellom forskning innen jordobservasjon og tjenesteytende industri. Spesiell fokus vil være på effektive software- løsninger. Skal norsk industri kunne sikre seg en posisjon i dette markedet er det vesentlig at det satses på kvalitativ forskning som er koblet opp i innovative prosjekter med industrien. Det samme gjelder innen satellittnavigasjon, hvor bedrifter som Kongsberg Seatex og Fugro Norway i dag har en sterk posisjon i det profesjonelle markedet. Med stadig økende transport-, turist- og petroleumsaktivitet i nordområdene vil behovet for satellittkommunikasjon på høye breddegrader øke kraftig. Her

ligger det betydelige muligheter for norske firmaer som Nera Satcom og Telenor.

Norsk industri er avhengig av forskningen for å kunne utvikle og selge tjenester og systemer

1.6 Departementenes interesser og nytte av forskning fra rommet

Den satellittbaserte jordobservasjonsforskningen bidrar med data av interesse og nytte for flere departementer: UFD, NHD, FD og MD har klare forsknings- og forvaltningsbehov innenfor alle områdene vi har nevnt ovenfor. FKD og OED har sine spesielle behov innenfor havforskningen, LMD innenfor forvaltning av jord- og skogområder, KRD innenfor kommuneforvaltning og SD innenfor trasévalg og store utbygginger. UD forventes å utnytte data spesielt innenfor saksområdet bistandshjelp. SDs etater med ansvar for luftfart, vei og bane vil i årene fremover se en kraftig økning i bruken av satellittnavigasjon, og derfor være avhengig av økt signalforståelse på dette feltet.

Om antatt behov og nytte for de enkelte departement - Se Appendix 4

1.7 Ressurser

Tabellen nedenfor skisserer tre satsingsnivåer innen jordobservasjon. Felles for alle er et fokus på signalforståelse (kalibrering, validering, algoritmeutvikling) knyttet til de nye satellittene. Hovedforskjellen er hvilket ambisjonsnivå man har for å tilrettelegge for bruk av satellittdata for ulike typer forskningsoppgaver, samt utvikling av vitenskapelige jordobservasjonsnyttelaster i Norge.

Prioriterte områder innen signalforståelse (inkl. validering) er:

- **Lasermåling fra satellitt**
- **Optisk avbildning gjennom vann og atmosfære**
- **Polarimetri (aktiv og passiv)**
- **Radarinterferometri**
- **Radarbølge- interaksjon med jordas overflate**
- **Transmisjon og refleksjon av navigasjonssignaler**
- **Transmisjon og refleksjon av kommunikasjonssignaler**

Denne satsingen vil tidsmessig løpe parallelt med EUs 7RP. For en del områder innen forskning fra rommet (jordobservasjon og navigasjon) vil store prosjekter innen beslektede temaer trolig bli etablert under ulike deler av 7RP (bl.a. innen 7RP-områdene Transport, Environment and Climate Change, Security and Space). Her er det viktig at norske forskningsmiljøer sikrer seg gode roller og kan påvirke prosjektenes utforming. Den beste måten å bidra til dette på er gjennom et solid nasjonalt romforskningsprogram.

Nivå	Innhold	Beløp pr år
Lavt	*Signalforståelse - validering, spesielt optisk og ulike polarisasjoner - algoritmeutvikling - radarinterferometri *Betydelig tilrettelegging av data over havområdene og Arktis. *Multispektral dekning av utvalgte områder på land.	25 mill kr 12 8 2 2 1
Middels	*Signalforståelse. - validering, algoritmeutvikling, laser, radarinterferometri og polarimetri *Full tilrettelegging av data over havområdene og Arktis. *En landsdekkende multispektral dekning i løpet av programperioden. *Noe tilrettelegging på data fra Antarktis *Navigasjons- og kommunikasjonssignaler	40 mill kr 25 7 3 2 3
Godt	*Signalforståelse. *Full tilgang på, og tilrettelegging av, data over våre havområder, Arktis og Antarktis. *To landsdekkende multispektrale deknings i løpet av programperioden. *Norsk instrument på en ESA Earth Explorer. *Navigasjons- og kommunikasjonssignaler	63 mill kr 25 12 5 15 6

2. Forskning i rommet

Innen forskning i rommet er det økende aktivitet som utnytter den vektløse tilstanden. For å få innsikt i hvordan tyngdekraften påvirker oss og omgivelsene våre til daglig utføres forskning under vektløs tilstand for følgende formål:

- Å forstå fundamentale kjemiske, biologiske og fysiske prosesser
- Forbedre prosesser på jorda som diffusjon, forbrenning og krystallisering, og perfektjonere produksjonsprosesser
- Forberede framtidig menneskelig utforskning av verdensrommet

Gjennom deltakelse i prosjekter knyttet til ESAs bruk av Romfergen og den Internasjonale Romstasjonen (ISS) har norske aktiviteter vært konsentrert om biologiske reaksjoner på vektløshet, og utviklingen av funksjonelle materialer.

ISS er det største sivile samarbeidsprosjektet i menneskehetens historie. USA, Russland, Japan og Europa er med, og Norge tar del gjennom sitt medlemskap i ESA. ISS er en base og et stort laboratorium for forskning under vektløs tilstand, hvor eksperimentmodulene skytes opp med enten romfergen, russiske Progress eller den europeiske transportfarkosten ATV.

2.1 Forskning i fravær av tyngdekraft

Forskning under vektløs tilstand er viktig for å kunne forstå fundamentale prosesser der tyngdekraften kan ha stor betydning. Slik forskning gjennomføres ved å utføre eksperimenter under forskjellige tyngdekraftsforhold, fra null til flere G. Slik kan effekter som skyldes prosessene selv og effekten av tyngdekraft skilles fra hverandre. I tillegg vil vibrasjoner fra menneskelig aktivitet, seismisk aktivitet, vind og tidevannskrefter være begrensende på alle målinger på jorda som krever ekstrem målenøyaktighet. Vektløs tilstand gir nye muligheter innen de fleste områdene av naturvitenskapelig forskning og teknologisk utvikling. I tillegg gir forskning under slike forhold en kunnskapsbase for at mennesker i fremtiden skal kunne utforske verdensrommet.

De store romfartsorganisasjonene forbereder seg nå på fremtidige planetariske bemannede romferder. Det er en kraftig dreining innen forskning og teknologisk utvikling knyttet til dette fagfeltet internasjonalt, og arbeid rettet mot slike romferder vil få stor tyngde og betydning. Dette vil påvirke hvilke fagområder som vil være viktige og nødvendige for norsk forskning i de neste 10 til 15 årene. For eksempel vil biologisk forskning innen ”*self sustainable systems*” bli sentralt, hvor målet er fullstendig selvhjulpenhet på romferder. På dette feltet er det allerede mulig å utnytte eksisterende ressurser og infrastruktur på ISS, samt parabelflukter og bakkebaserte installasjoner for eksperimenter og utvikling.

2.2 Norsk fokus: Materialteknologi og biologiske prosesser

Mikrogravitasjonsrelatert forskning sprer seg over svært mange fagområder som er ytterst forskjellige. Det som er felles er at de alle studerer hvordan fravær av tyngdekraft påvirker prosesser. Med slik stor spredning er det viktig å fokusere på spesifikke fagfelt, hvor Norge kan både dekke egne behov og bidra internasjonalt. Det er flere faglig sterke forskningsmiljøer i Norge innenfor flere fagfelt som vil være av sentral betydning innen fremtidig forskning i rommet. Gjennom deltagelse i prosjekter som benytter fasilitetene knyttet til ISS vil de norske fagmiljøene få anledning til å styrke sin internasjonale posisjon, og Norges nasjonale bidrag til ISS vil bli bedre utnyttet.

Norske miljøer innenfor materialteknologi har stor ekspertise fra både forsknings- og utviklingsprosjekter. Inntil nå har disse miljøene ikke vært knyttet til forskning i rommet, men har i den senere tid gjennom kontakt med ESA og internasjonale forskningsmiljøer, hvor materialteknologi har et sterkt fokus, funnet muligheter til å benytte og utvide sin ekspertise og utvikle synergieffekter i dette området.

En fremtidig bemannet utforskning av rommet vil være avhengig av muligheten til å være selvhjulpne og uavhengig av ekstern tilførsel, for eksempel produksjon av mat, rensing av luft og vann, drivstoffbruk og lagring. I Norge finnes miljøer med ekspertise og langvarig erfaring fra forskning innenfor plantebiologi og utvikling av planteeksperimentmoduler. Også innenfor måleteknologi, rettet mot overvåking av inneklima og uønskede eller giftige gasser på ISS, har Norge miljøer med lang erfaring og godt internasjonalt renommé. Av de store muligheter som finnes innenfor forskning under mikrogravitasjon, bør det derfor i særlig grad fokuseres på materialteknologi og biologiske prosesser i vid forstand.

De faglig sterkeste norske aktivitetene er innen:

- Biologiske reaksjoner på vektløshet, særlig for planter
- Prosessene som styrer forholdene i støvblandet plasma
- Utviklingen av funksjonelle materialer
- Sensorutvikling for sporgassdeteksjon i romfartøyer
- Forskning på psykologiske forhold under romferder

Korte omtaler om sentrale norske fagmiljøer innen forskning under mikrogravitasjon er gitt i Appendix 2.

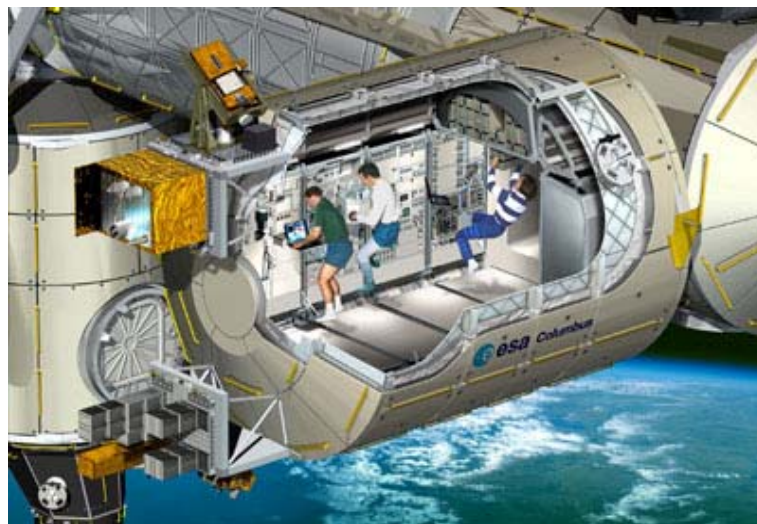


Fig. 3 Flere norske forskningsmiljøer har eksperimenter som skal opp til den internasjonale romstasjonen.

2.3 Kobling mot teknologi og industri

Innenfor forskning i rommet finnes det flere fagområder som er i grenseland mellom forskning og teknologisk utvikling. Dette er fagområder hvor det oppstår store synergieffekter ved at kunnskap og kontakter som oppnås gjennom forskningsrettede aktiviteter gir økte muligheter for industrioppdrag. Gjennom oppdrag for en krevende kunde som grunnforskningen med høye kravspesifikasjoner tar industrien frem prototyper, som i neste omgang kan lede til industrialisering av beslektede produkter i andre markeder.

Forskningen rundt planters og fisks reaksjon på forskjellige tyngdekraftsforhold vil ha betydning for utvikling eller utvalg av arter som kan brukes på lange romferder. Samtidig kan det også ha betydning i fiskeoppdrett og utvikling av nye plantesorter. Medisinske resultater kan ha økonomisk betydning for farmasøytisk industri.

Forståelse av diffusjonsprosesser i materialer har stor betydning for utnyttelsesgraden av norske oljefelt, slike forsøk kan kun gjøres i vektløs tilstand. Tilsvarende eksempler finnes innen utvikling av nye materialer og forbrenningsprosesser.

Det foregår alt nå en viss kommersialisering av instrumenter som er utviklet av forskningsmiljøene i forbindelse med eksperimentutvikling til romstasjonen. Dette arbeidet bør videreutvikles og vil kreve ressurser.

2.4 Departementenes interesser i forskning i rommet

Resultatene av forskning i rommet skulle være av interesse for mange departementer, og det forventes at mulighetene for utvikling av nye materialer og teknologier under vektløs tilstand skulle være innenfor NHDs interessefelt. Forståelsen av biologiske prosesser er interessant for UFD og LD. Den videre utvikling av romfarten vil bety stadig større tilstedeværelse av levende organismer i rommet, også mennesker, og derfor skulle en anta at både NHD, LD og FKD ville være interesserte i slik forskning i tillegg til UFD.

2.5 Resurser

Norske forskere er gjennom Norges deltagelse i ESAs romstasjonsprogram allerede sikret tilgang på eksperimentfasiliteter på romstasjonen, men prosjektene trenger, i tillegg til finansieringen fra ESA, også nasjonal finansiering. Gjennom Norsk Romsenters budsjetter investeres det årlig om lag 20 millioner kroner i ESAs romstasjons- og mikrogravitasjonsprogram (ELIPS).

Den nasjonale finansieringen av forskning i rommet faller i dag mellom flere stoler i de eksisterende kanaler for forskningsmidler. De siste ti årene har det vært en ytterst lav nasjonal finansiering til denne forskningen (< en million kroner). Til tross for denne situasjonen har noen fagmiljø klart å tilkjempe seg høy faglig kompetanse og internasjonal anerkjennelse. Dette skyldes at flere miljøer bygget opp sin kompetanse gjennom følgeforskningsprogram i NAVF, at Norsk Romsenter har gitt noe utviklingsstøtte, at ESA har brukt miljøene som oppdragsinstitutter og at ESA har tøyd sine regler i en interimperiode slik at noe av plante-forskningen har fått støtte. Denne ESA-støtten vil ikke vedvare.

ESAs finansiering av operasjonssenteret ved NTNU for et av de sentrale instrumentene på romstasjonen (N-USOC) gir norske forskere innen biovitenskap i rommet et klart fortrinn. For å utnytte dette fortrinnet kreves en vesentlig styrking av finansieringen.

*For forskning i rommet innebærer **minimumsnivået** at interimfinansieringen fra ESA erstattes, og norske forskere kan spesifikt utnytte de mulighetene N-USOC gir. Samtidig vil en faglig deltakelse i de høyest prioriterte av de utvalgte prosjektene innen materialfysikk kunne gjennomføres.*

*Det **akseptable nivået** innebærer i tillegg en styrket rekruttering og en instrumentell deltakelse i kommende prioriterte prosjekt i materialvitenskap.*

*Det **gode nivået** innebærer at norske forskere får en finansiering som er på nivå med det som er tilgjengelig for forskerne i de andre nordiske landene. Man vil da i tillegg kunne*

videreutvikle den høyt vurderte psykologiske forskningen i rommet og koble industri og forskningsmiljø sammen for utvikling av nye produkter.

Nivå	Innhold	Beløp pr år
Lavt	Planter i rommet	4
	Støvplasmaprosesser	2
Middels	Planter og biologiske prosesser i rommet	5
	Materialteknologi	2
	Støvplasmaprosesser	3
Godt	Planter og biologiske prosesser i rommet	6
	Materialteknologi	4
	Støvplasmaprosesser	3
	Mennesket i rommet	1
	Rekruttering	

3. Utforskning av rommet

Utforskning av rommet er dominert av behovet for økt erkjennelse:

- Hvordan er universet skapt og hvilke fysiske lover styrer prosessene i det?
- Hvordan er vårt solsystem skapt?
- Hvordan styres Solas utstråling og hvordan påvirker den Jorda og vårt nære verdensrom?
- Hvordan påvirker rommet mulighetene for videre liv på Jorda?

Den langsiktige nytteverdien ligger i innsikt i de styrende fysiske lover gjennom å observere fysiske forhold som det ikke er mulig å gjenskape i noe laboratorium på Jorda. Sola og det nære verdensrom er i dag tilgjengelige laboratorier gjennom romforskning. Den direkte kortsiktige nytteverdien ligger i forståelsen av effekten Sola har på klimaet og påvirkning på elektriske systemer i satellitter og på bakken, radiokommunikasjon og navigasjonssignaler av sol- og geomagnetiske stormer ("romværet"). Utforskningen av rommet er og ytterst krevende teknisk, forskningsmiljøene kan derfor være en krevende kunde for norsk romindustri. På grunn av lite ressurser har denne muligheten vært lite utnyttet til nå og dette forhold har forverret deler av norsk industris konkurransevne internasjonalt.

Pionéren Kristian Birkeland (1867 – 1917) etablerte nordlysforskningen som forskningsfelt. På grunn av den gunstige beliggenheten i forhold til nordlysovalen var Norge tidlig med i den moderne utforskningen av rommet, og denne innsatsen har skapt en tradisjon som er grunnlaget for en del faglig sterke forskningsmiljøer. Kvaliteten av miljøene er dokumentert gjennom den siste fysikkevalueringen, fysikkfagplanen og Forskningsrådets evaluering av romforskning.

Med bakgrunn i en kvalitetsvurdering er det foretatt en prioritering, som medfører at satsingen nå er konsentrert innen hovedområdene:

- Fra Sol til Jord – forståelse av de prosesser som styrer Solas energiutstråling og koblingen til systemet solvind/magnetosfære/ionosfære/atmosfære på Jorda og andre planeter i vårt solsystem, samt prosesser som styrer forholdene i den midlere polare atmosfæren og deres betydning for klimatiske forandringer.
- Kartlegging av de fysiske forholdene i universet rett etter skapelsen og hvordan dette avspeiles i dagens observerbare univers.

Utforskning av rommet er ikke begrenset til å bruke rombasert teknologi, som raketter, satellitter og romsonder. Forskerne benytter alle tilgjengelige verktøy for å fremskaffe informasjon; dette kan være romsonder eller romteleskop, men også radarer eller teleskoper trygt plassert på jorden. En viktig tendens i dag er at instrumenteringen i rommet og på jorden i stadig økende grad koordineres og utvikles for å komplementere hverandre.

Men med målinger av rommet fra rommet, - med raketter, satellitter og romsonder - kan det gjøres forskning som ikke lar seg gjøre fra bakken:

- For utforskning av solsystemet kan vi sende instrumentering til de stedene der mange av prosessene foregår, for eksempel det nære verdensrom rundt jorden eller på overflaten av Mars og Saturnmånen Titan. Slike på stedet eller "in-situ" målinger kan gjøres der forholdene er gjestmilde nok til at vår teknologi tåler dem.

- Fjerntliggende eller utilgjengelige områder som andre stjerner og galakser eller overflaten av solen kan observeres i hele bredden av det elektromagnetiske spektrum, inkludert den energirike strålingen som ellers absorberes i vår atmosfære.
- Instrumentering i rommet trenger ikke å påvirkes av dag/natt syklusen eller forringelse på grunn av turbulens i vår atmosfære.

De viktigste eksperimentelle verktøyene for utforskning av rommet er forbundet med medlemskapene i ESA, EISCAT Scientific Association og NOT, samt mulighetene Andøya rakettskytefelt gir.

I alle disse internasjonale samarbeidsprosjektene er Norge blant de medlemsland som investerer minst nasjonalt for å utnytte de forskningsmessige mulighetene samarbeidet gir. Grunnen til at man har gjort det så bra de siste ti årene er at man nå nyter fruktene av tidligere investeringer, enten direkte som med SOHO/Cluster i ESA, NOT og EISCAT eller indirekte gjennom langvarige samarbeidskonstellasjoner og teknologiutvikling, som for rakettkraften. Alle disse mulighetene går nå mot slutten av sin levetid og uten en vesentlig økt satsing vil disse meritterte fagmiljøene forvitre.

Samtidig er utforskning av rommet er et felt som kanskje mest av alt bidrar til å plassere menneskeheten inn i sin plass i verdensaltet og som representerer en viktig inngangsport for unge mennesker til naturvitenskapelig forskning. Det har i løpet av de seneste årene oppstått en utrolig oppslutning omkring astronomen Røed Ødegaards demonstrasjoner, foredrag og arrangementer for det vanlige publikum. Røed Ødegaard har vist hvilket potensiale disse data og denne forskningen har til å stimulere nysgjerrighet og interesse for grunnleggende naturvitenskap. Resultatene fra denne forskningen er derfor av strategisk betydning for å nå målene om satsing på matte og fysikk i skoleverket.

Utforskning av rommet er et felt der det i Norge er store muligheter for praktisk undervisning på alle nivå fra barneskole til universitet. Selv om mye gjøres, både på universitetene/høyskolene og ved NAROM på Andøya, er det et stort forbedringspotensiale.

3.1 Det nære verdensrom – Et laboratorium på dørstokken

Norge har en solid internasjonal status innen utforskningen av det nære verdensrom og spesielt de fysiske prosesser forbundet med nordlyset. Denne forskningen bygger på en vel 100 år lang tradisjon som startet med Kristian Birkelands arbeider mot slutten av det 19. århundre og som er holdt i hevd av forskergrupper ved UiB, UiO, UiT, UNIS og FFI.

I dag omfatter utforskning av det nære verdensrom, ”in-situ” målinger med raketter og satellitter samt fjernmålinger fra bakken av de fysiske forhold i grensesjiktet mellom vår atmosfære og rommet. Dette området er dominert av vekselvirkningen mellom solens partikkel- og elektromagnetiske utstråling og jordens magnetfelt. Norge har på grunn av sin geografiske plassering store fortrinn for bruk av bakke- og rakettobservasjoner til å studere mange interessante fenomen som bare kan observeres på høye breddegrader, slik som nordlyset. Denne plasseringen var årsaken til både oppstarten av nordlysforskningen i Norge og den investeringsvilje internasjonale partnere har vist i Nord-Norge og på Svalbard, der utenlandske forskningsmiljøer har investert mer enn en milliard kroner i infrastruktur for å utforske det nære verdensrom. Anlegg som EISCAT, Andøya Rakettskytefelt, med ALOMAR og SvalRak, og Nordlysstasjonen på Svalbard er alle meget attraktive for utenlandske forskere.

Norge har klare fortrinn for å være ledende innen utforskningen av det nære verdensrom, med sin geografiske plassering og tilgang til de beste installasjonene. Men grunnet lav finansiering er det liten mulighet til å utnytte og videreutvikle fasilitetene. Det kreves satsing slik at norske fagmiljøer kan "sette agendaen" for forskning på sentrale vitenskapelige problemstillinger og derved engasjere internasjonale partnere i samarbeidsprosjekter. Innenfor utforskningen av det nære verdensrom har Norge en lang tradisjon og høy kompetanse i utviklingen av sonderaketter og satellittinstrumentering. Med økt innsats vil ny teknologi i forbindelse med miniatyrisering av sensorer og elektronikk kunne utvikles.

Mange norske miljøer er involvert i denne forskningen, og den opptar en vesentlig andel av de prosjekter som støttes av Forskningsrådets nåværende romforskningsprogram. Større forskergrupper finnes ved UiO, UiB, UiT, UNIS og FFI. Internasjonale evalueringer viser at denne forskningen holder et høyt kvalitetsnivå. Men med dagens finansiering vil disse gruppene ikke kunne opprettholde sin aktivitet.

De norske forskningsprioriteringene i det nære verdensrom er gruppert i tre områder, delvis overlappende både romlig, instrumentelt og faglig:

- Dynamikk, skydannelse og energifordelende prosesser i den midlere nøytrale atmosfæren mellom 80 og 100 km høyde studeres med raketter og radarer. Kun raketter kan gjøre målinger *in-situ* i disse høydene. Disse studiene er viktige for å forstå høydeområder i atmosfæren som ikke er inkludert i dagens *klimamodeller*.
- Dynamiske og fysiske forhold i den øvre polare atmosfæren, som beskriver energi- og momentoverføring fra solvinden til magnetosfæren, mellom magnetosfæren og ionosfæren, oppover og nedover i ionosfæren der nordlys dannes, kan kartlegges med raketter, bakkekameraer og radarer sammen med UV- og røntgenkameraer på satellitter. Ionosfæren utgjør således et naturlig laboratorium for studier av plasmafysiske prosesser under forhold som ikke kan gjenskapes i et vanlig laboratorium. Kunnskap som kan vinnes ved studier av ionosfæren vil således kunne videreføres til studier av andre områder i universet. Siden elektronene i ionosfæren har betydning for satellittkommunikasjon og -navigasjon, vil denne forskningen kunne gi sikrere metoder for utnyttelsen av satellittdata.
- Instabiliteter i magnetosfæren som leder til magnetiske stormer studeres ved hjelp av satellitter som Cluster og Double Star for jorden og Cassini for Saturn. Disse studiene gir innsikt i prosesser som fører til økt partikkelstråling og magnetiske forstyrrelser på bakken, som er viktige elementer i "romværet".

EISCAT (European Incoherent Scatter) Scientific Association opererer et stort radaranlegg med hovedinstrumentet (sender og mottaker) plassert utenfor Tromsø og mottakere ved Kiruna i Sverige og Sodankylä i Finland. I tillegg er et nyere radaranlegg lokalisert på Svalbard. For tiden er 7 nasjoner deltakere i EISCAT Scientific Association. Ny avtale mellom samarbeidspartnerne skal inngås innen 2006, deriblant med Kina som vil bli fullverdig medlem fra 2007 og Ukraina som i juli 2005 inngikk en intensjonsavtale om å delta fra 2008, og det er sterkt behov for oppgraderinger på radarene på fastlandet dersom EISCAT fortsatt skal være ledende innen feltet. Dagens medlemskontingent for EISCAT-deltakelsen er årlig på 3 mill. kroner. Imidlertid vil flere av dagens samarbeidspartnere delta på et betydelig lavere nivå i fremtiden pga spesielle nasjonale forhold, og de årlige bidrag til drift for vertslandene må derfor forventes å øke, kanskje til det dobbelte av dagens nivå. Flere scenarier for EISCAT-oppgradering vurderes, men det mest ambisiøse og vitenskapelig sett beste alternativet inkluderer ny fasestyrt sender/mottaker (på Ramfjordmoen, som i dag, eller alternativt nær Andøya Raketttskytefelt) og to nye mottakere (ved Kiruna og Sodankylä, som i

dag). Kostnadsrammen for denne oppgraderingen er estimert til 461 MSEK (277 MSEK for sender/mottaker og 184 MSEK for to mottakere). Norge har vedtatt å doble sin årlige avgift til EISCAT fra og med 2007. Det nye radarsystemet vil oppnå vesentlig høyere oppløsning i både tid og rom. Dette gjør det mulig å studere meget små nordlysstrukturer og gir detaljert informasjon om tynne lag i atmosfæren som reflekterer radarsignalene.



Fig 4 Rakettoppskyting fra ARS

Svalbard. Dette er attraktive lokaliseringer ut fra den geografiske plasseringen ved høye arktiske breddegrader, og rakettprosjektene har stor grad av internasjonal deltagelse med bl.a. amerikanske og tyske forskningsmiljøer sterkt representert. Norske forskere er sammen med tyske samarbeidspartnere ledende innen studier av de fysiske prosessene i den midlere atmosfæren. På tross av mange negative spådommer har denne forskningen vist seg svært nyttig og levedyktig. Raketter er den eneste plattformen som kan gi direkte målinger av forholdene mellom 50 og 150 km, det er nettopp her grensen til rommet ligger. Selv i høyder der satellitter måler er rakettenes uovertrufne til enkelte målinger fordi man kan bestemme nøyaktig hvor og når man skal måle og hvilken hastighet instrumentet skal ha. Mens Andøya ligger i nordlyssonen om natten, ligger SvalRak i sonen for dagnordlys. Svalbard er faktisk det eneste stedet i verden der man fra land, i vintermånedene, kan studere optisk nordlys midt på dagen mot en mørk himmel. I tillegg ligger Svalbard, under slike forhold, i polarkløften i jordens magnetfelt, der partikkelstråling fra solen kan trenge direkte inn i atmosfæren. Dette

Lidarobservatoriet ALOMAR på Andøya startet som et tysk-norsk samarbeid, men i dag er ALOMAR et aktivt internasjonalt observatorium der forskere fra mer enn 20 institusjoner i ca. 15 land deltar. Bl.a. gjennom støtte fra EU har ALOMAR fått en sentral stilling innen europeisk atmosfæreforskning. Observatoriet spiller nå en viktig rolle i utforskning av atmosfæren fra bakken og opp til ca. 120 km. Studier av ozonlaget og mesosfæren er viktige, og det er et nært samspill mellom utforskning av det nære verdensrom og klimaforskning. ALOMAR-instrumentene måler fra bakken, men gir rakettforskerne enestående muligheter til å overvåke og bestemme skytebetingelser.

Optiske nordlysobservasjoner fra Nord-Norge og Svalbard, i kombinasjon med EISCAT og satellittdata, har lange tradisjoner i Norge og er svært betydningsfulle for både vitenskapelig produksjon og norske gruppers internasjonale nettverk. Forsvarets store radar *Globus 2* i Vardø vil også kunne spille en økt rolle innen utforskningen av det nære verdensrom, bl.a. knyttet til nedbremsing av romsøppel i atmosfæren og problematikken rundt kollisjoner mellom objekter i rommet.

Rakettoppskytinger for utforskning av det nære verdensrom foregår fra Andøya og fra

gir enestående muligheter for undersøkelser med raketter, og EISCAT-Svalbard radaren er et unikt støtteinstrument for slike undersøkelser.

Cluster er fire satellitter i bane rundt jorden som foretar målinger av fysiske forhold i jordens nære verdensrom (partikkeltetthet, elektromagnetiske felt og bølger) og vekselvirkningen mellom jordens magnetfelt og solvinden. Gjennom samarbeide med ESA og Kina har to ekstra satellitter (Double Star) som støtter opp om Cluster kommet i bane, også disse med norsk deltakelse. Norske forskere deltar også i ESA/NASA-prosjektet *Cassini/Huygens* som nå studerer Saturn, ESAs kometprosjekt Rosetta, og planlegger å delta i ESA-prosjektet *BepiColombo* som skal utforske Merkur. Norske forskningsgrupper deltar dessuten i flere NASA-prosjekter (Polar/IMAGE), og de ønsker å spille en aktiv rolle i ”*International Living With a Star*” – programmet, som er et bredt samarbeid mellom ESA, NASA og flere andre romforskningsorganisasjoner. Målet med dette programmet er økt forståelse av hvordan variasjoner i solens utstråling kan skape problemer for mange viktige funksjoner i dagens høyteknologiske samfunn (f.eks. telekommunikasjon, satellittnavigasjon, kraftforsyning) og derved gi mulighet for varsling av ”romværet” som disse variasjonene skaper.

Den internasjonale romstasjonen er en plattform som også er egnet til observasjoner av grenselaget mellom Jorda og rommet. Norske miljøer bruker sin instrumentelle ekspertise i nye prosjekt som skal studere nyoppdagete elektriske utladninger i den øvre atmosfæren.

Styrken i den norske utforskningen av det nære verdensrom baserer seg på høy faglig og vitenskapelig kompetanse. Spesielt gunstig beliggenhet gir oss førstehånds tilgang på sentrale data og dermed de beste muligheter for kombinasjonsstudier med bakkemålinger (lidarer, kameraer, radarer) og *in-situ* målinger (raketter og satellitter).

Land som Kina og India er på full fart inn i utforskningen av rommet, og Norge deltar på de to første romforsknings satellittene disse landene har utviklet. Begge land er svært interessert i samarbeide med norske grupper der de har ekspertise. Med grunnlag i sin ekspertise og relativt små investeringer vil det være mulig for norske grupper å få et stort vitenskapelig utbytte, mellom annet ved å ta ansvar for større oppgaver, satellittinstrumenter etc.

Forskningsgruppene har også vesentlige aktiviteter innen *teori og simuleringer* som støtter opp om den eksperimentelle aktiviteten (for eksempel prosesser i solvinden og i støvplasma), i tillegg til studier av generelle problemstillinger innen plasmaturbulens og instabiliteter i ionosfæren samt innen generell signalprosessering med anvendelser på EISCAT- og rakettdata.

Globus II er en stor X-bånd radar plassert ved Forsvarets stasjon i Vardø. FFI har nylig innledet et samarbeid med ESA for å demonstrere potensialet for bruk av Globus II data i ESAs programmer. Sentralt for aktiviteten framover vil være forskning på metoder for bedre baneberegninger. Norge har et lite, men internasjonalt meget anerkjent miljø på dette feltet.

Sentrale prioriteringer er:

- Utvikle forskningen som gir innsikt i de prosessene som styrer de fysiske forholdene i den midlere atmosfære og deres betydning for globale klimaforandringer. Dette må gjøres med et komplett sett av rakett- og bakkeobservasjoner.
- Utvikle forståelse av koblingsprosessene mellom solvind, magnetosfære og ionosfære gjennom teoretiske arbeid og målinger rundt jorda og andre planeter.
- Sikre kvaliteten til infrastrukturen i nord slik at den nødvendige informasjonen er tilgjengelig, og bidra til internasjonal deltagelse på disse installasjonene.
- Delta i nye internasjonale prosjekter for å befeste og styrke vår posisjon innen forskningsfelt der vi er sterke og verdensledende. Videre forskning krever nye prosjekter bilateralt og/eller gjennom ESA.
- Sikre maksimal utnyttelse av investeringene på Cluster.
- Instrument- og teknologiutvikling med industriell deltagelse.

3.2 Sola vår stjerne - Solfysikk

Norske forskere har satset innen stjerne- og solforskning siden Svein Rosseland etablerte Institutt for Teoretisk Astrofysikk (ITA) ved Universitetet i Oslo på 1930-tallet. Satsingen, fokuseringen og vekselvirkningen mellom teori og observasjonell virksomhet har gjort miljøet til et av de ledende i verdensmålestokk, noe som også kommer frem i evalueringsrapporten om norsk fysikk fra 2000. De brede internasjonale kontaktene medførte tilgang til de beste observatoriene og en tidlig innsats innen rombasert solforskning på 1970-tallet. Fokuseringen har siden vært på modellering og å skaffe tilgang til data fra de beste rom- og bakkebaserte observatoriene. Den desidert største satsingen har vært deltakelsen i instrumenter på ESAs satellitt SOHO. Investeringen i det svenske solteleskopet på La Palma gir komplementær informasjon i forhold til romsatsingen. For å kunne fortsette å utvikle arbeidet man har gjort på SOHO er deltakelsen i det japansk ledete Solar B prosjektet den vesentligste investeringen. ESA har gjort vedtak om å gå inn i Solar B med nedlesningstjenester på Svalbard og investering i et europeisk datasenter for Solar B i Oslo.

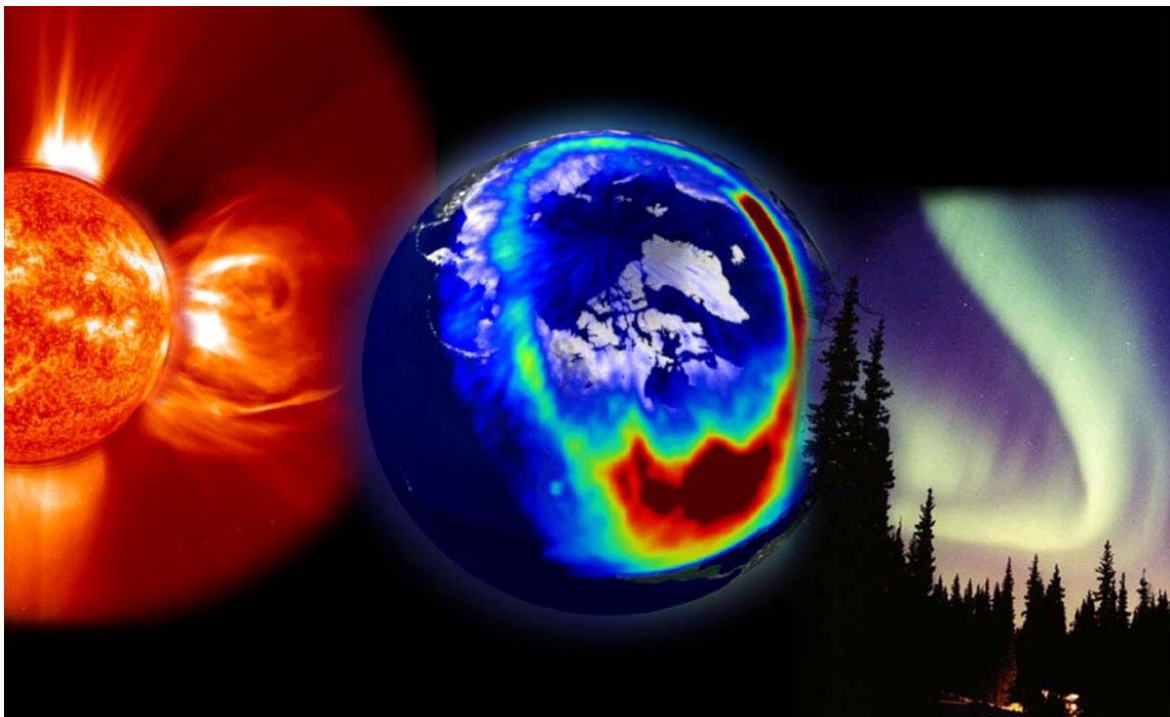


Fig. 5 Solstormer skaper nordlys i den polare ionosfære.

Forståelsen av hvordan stjerner dannes og utvikles er en avgjørende brikke i puslespillet om hvordan universet er bygget opp. Eksempelvis er norske forskere ledende i forståelsen av hvordan energien strømmer ut gjennom og fra solens overflate. Slik kunnskap er helt nødvendig for å skjønne hvorfor og hvor mye solens utstråling varierer og hvordan denne påvirker klima og miljø på jorden. Solen er den eneste stjernen hvor vi kan observere overflaten i detalj, samtidig gir seismologiske målinger informasjon om de fysiske og dynamiske forholdene i Solens indre.

Viktigheten av solforskningen kan sammenfattes i fire punkter:

- Gjennom å forstå de styrende prosessene for forholdene på solen kan vi forstå hvordan den og andre stjerner fungerer og utvikles.
- Solen fungerer som et laboratorium for grunnleggende fysiske prosesser.
- Solen er vår stjerne, hvordan og hvorfor er den blitt som den er nå og hvordan vil den utvikle seg?
- Hvordan påvirker prosesser på solen rommet nær jorden og vår egen atmosfære?

Innen alle områdene kreves en innsats innen teori/modellering kombinert med nye og forbedrede observasjonsmetoder. Den utvikling som nå skjer innen regnekapasitet for modellering og innen observasjonsteknikk innebærer at man innen 10-15 år vil kunne både modellere og observere ned til skalaene til de styrende prosessene. Dette vil bli av avgjørende betydning for forståelsen av solen og vil åpne helt nye muligheter til å bruke solen som et laboratorium. For å sikre at dagens dyktige miljøer fortsatt skal ligge i forskningsfronten er det nødvendig med en kontinuerlig innsats for å sikre tilgang til data fra bakke og satellitt, muligheter for regnetunge modelleringer og mulighet for å finansiere et tilstrekkelig antall norske og utenlandske doktor stip.- og postdoktorstillinger, samt gjesteforskere.

Et aktivt høykvalitetsmiljø både krever og tiltrekker gode studenter. Astrofysikk og romfysikk har ikke opplevd samme nedgang i studenttallet som andre fysikkmiljøer og har hatt sikker tilgang på kvalifiserte doktorgradsstudenter. De aller fleste studentene inngår i internasjonale prosjekter og har utenlandsopphold i løpet av studietiden. Det er en forutsetning for å opprettholde og utvikle kvaliteten at det er tilstrekkelige muligheter til å finansiere utdanningsstillinger og forskningsopphold.

3.3 Tilgang på data

SOHO skal etter planen opereres fram til 2007. Solar B blir operativ fra sent i 2006 og vil sannsynligvis benyttes i 4-7 år. Med bakgrunn i sin ekspertise har norske forskere blitt bedt om å være med NASAs Solar Dynamics Observatory (SDO). Dette prosjektet vil være en delvis oppfølger for SOHO og skal være operativt i 7 år fra 2008. SDO vil gi soldata i en kontinuerlig strøm på 150 Mbits/s. Norske forskere vil dessuten i regi av samarbeidsprogrammet ILWS (International Living With a Star) få tilgang til data fra andre internasjonale satellitter. Fra europeisk side er ESAs Solar Orbiter (oppskyting 2013) det vesentligste bidraget til ILWS.

Tilgang på data betyr langt mer enn å få lov til å benytte informasjonen, i tillegg er det særlig viktig å ha innflytelse over hva instrumentene skal observere og at dataene blir raskt tilgjengelige lokalt. Med de stadig økende datamengdene er det sistnevnte et problem. Datamengdene vil begrense utnyttelsesgraden av dataene for forskere som ikke har dem tilgjengelig lokalt. For Solar B er datamengden stor, men overkommelig. Erfaringene fra SOHO viser at det er en stor fordel å la dataene ligge lokalt. Det er derfor en unik mulighet

for norske forskere at det vil bygges opp et europeisk datasenter for Solar B i Oslo. Dette vil hovedsakelig finansieres av ESA med bidrag fra Norsk Romsenter Eiendom (NRSE) og UiO.

Norge har investert i det svenske solteleskopet på La Palma, og dette sikrer norske forskere observasjonstid på verdens beste solteleskop. Men det er vesentlige kostnader i forbindelse med de svært store datamengdene som teleskopet gir. Uten en tilfredsstillende lokal datainfrastruktur vil man ikke ha noen reell datatilgang. Det vil være hensiktsmessig og kostnadsbesparende å se på dette behovet for infrastruktur i forbindelse med Solar B-datasentret.

Deltakelsene i SOHO, Solar B og La Palma-teleskopet vil for perioden 2005-2012 kreve vesentlige og vedvarende investeringer i datalagrings- og databearbeidingskapasitet. En eventuell deltakelse i Solar Orbiter vil kreve investeringer i oppbyggingen av instrumenter i perioden 2007-2012 og databearbeiding for perioden 2013-2019.

3.4 Simulering og databehandlingskapasitet

Behovet for regnekapasitet må dekkes både lokalt og gjennom utnyttelse av nasjonale og internasjonale tungregnemuligheter. De lokale behovene kan for en stor del dekkes av den samme type infrastruktur som kreves for bearbeidingen av store datamengder. Forskjellen ligger i båndbreddebehovene til masselager og visualisering.

Norske solforskere har hatt rimelig tilgang på regnekraft, men maskinparken må byttes ut for å følge med. Spesielt i forbindelse med Solar B er det behov for en svært stor nyinvestering. Norske forskere vil ha vesentlige fortrinn ved at hele datasettet blir liggende lokalt med høyhastighets tilgang for forskere og studenter. For å utnytte denne muligheten er det viktig at det parallelt blir gjort oppgradering av resten av maskinparken for bearbeiding av data.

Sentrale prioriteringer er:

- Sikre maksimal utnyttelse av investeringene i SOHO, SST og Solar B samt mulighetene SDO vil gi for å forstå hvordan energitransporten skjer i de ytre lagene av sola. Dette er avgjørende for innsikt i hvordan solas utstråling varierer.
- Utvikle metodikk og numeriske modeller som sammen med økt regnekraft vil gjøre det mulig å simulere ned til den skala der de fysiske prosessene skjer.
- Investere i forberedelsene til nye prosjekt som Solar Orbiter for sikre norsk tilgang på nødvendige data.
- Videreutvikle det internasjonale nettverket for å sikre at man ligger i forskningsfronten.

3.5 Kosmologi

Kosmologien er studiet av universets utvikling med vekt på forståelsen av fundamentale astrofysiske prosesser. En av hovedanbefalingene fra evalueringsrapporten over norsk fysikk fra 2000 var at dette fagområdet var lite i Norge, men faglig sett meget sterkt og burde styrkes. Sammenlignet med våre 3 nærmeste nordiske naboland, som alle er medlemmer av ESO (European Southern Observatory), med tilgang til de store astronomiske teleskopene i Chile, står Norge langt tilbake. Norske kosmologer har kun tilgang til teleskopet Nordic Optical Telescope (NOT) på La Palma (Kanariøyene), et godt instrument, men i moderne målestokk forholdsvis lite. Det er således ønskelig å utvide observasjonsmulighetene ved at himmellegemer på både nordlige og sydlige halvkule kan studeres med hhv NOT og ESO.

Kosmologi og ekstragalaktisk astronomi er i dag det største og samtidig hurtigst voksende fagfeltet i astronomi internasjonalt. ITA har tatt inn over seg fysikkevalueringens anbefalinger og har økt staben på dette fagfeltet. Forskningen holder meget høy internasjonal kvalitet, og Forskningsrådet har også fulgt opp med bevilgning til både en doktorgradstilling og en postdoc-stilling i løpet av de siste to årene.

Sentrale problemstillinger som norske forskere bidrar til:

- Hvorfor utgjør materie slik vi kjenner det under 5 % av universets masse?
- Hva er den mystiske mørke energien som får universet til å akselerere?
- Roterer og vrir hele universet?
- Hvordan skjedde egentlig big bang, og hvorfor?
- Hvordan ble galakser, selve byggesteinen i universet som muliggjør liv, til?

I de nærmeste årene utøves denne forskning i tilknytning til:

- Satellitten PLANCK, som er ESAs hovedprosjekt i kosmologi og vil skytes opp i 2007 for en aktiv periode på 3-5 år.
- Nordic Optical Telescope (NOT), som man forventer fortsatt vil kunne gi vitenskapelige bidrag innen spesialiserte områder.
- Teoretisk kosmologi, - her er det en stor kontaktflate mot partikkelfysikken.

På det nåværende tidspunkt er det viktig å se fremover, og muligheter og retninger for de neste 10 – 20 årene. Spesielt er det viktig å se hva slags relevante observasjonsmuligheter som vil komme og hvordan norske forskere skal få tilgang til disse. Aktuelle datakilder vil blant annet være følgende:

- ESA/NASA - prosjektet JWST (James Webb Space Telescope, oppskyting 2012), etterfølgeren til det vellykkede Hubble-teleskopet. Også andre ESA-prosjekter innen kosmologi er under vurdering for senere oppskyting, men forberedelse til deltakelse må skje lang tid i forveien.
- Teleskopet South African Large Telescope (SALT) i Sør-Afrika er under oppbygging og vil kunne gi et interessant bakkebasert program som supplement til satellittvirksomheten.
- NOTs fremtid diskuteres innen rammen av et samarbeid med Storbritannia og Italia om et Common Northern Observatory (CNO) basert på dagens teleskoper på La Palma, der de enkelte teleskop kan tilpasses visse typer observasjoner og således utfylle hverandre, samtidig som driften effektiviseres.
- Medlemskap i ESO (Norge er, med unntak av Island, det eneste nordiske land som ikke er medlem). Dette vil gi tilgang til de mest moderne teleskoper og dekning av begge himmelhalvkuler.
- Styrking av teoretisk forskning og forsterket samarbeid med teoretisk partikkelfysikk.

Hvor mye av dette Norge skal være med på er avhengig av hvilket ambisjonsnivå vi ønsker å legge oss på. Selv om det har vært en liten styrking av miljøet og at det har vist seg å være faglig svært godt og produktivt må en ytterligere styrking til for at det skal være levedyktig. Styrking på datatilgangssiden må skje sammen med en styrking på personellsiden, både når det gjelder rekrutterings- og faste stillinger. For styrket oppbygging av feltet vil det trenge 3 – 4 rekrutteringsstillinger årlig.

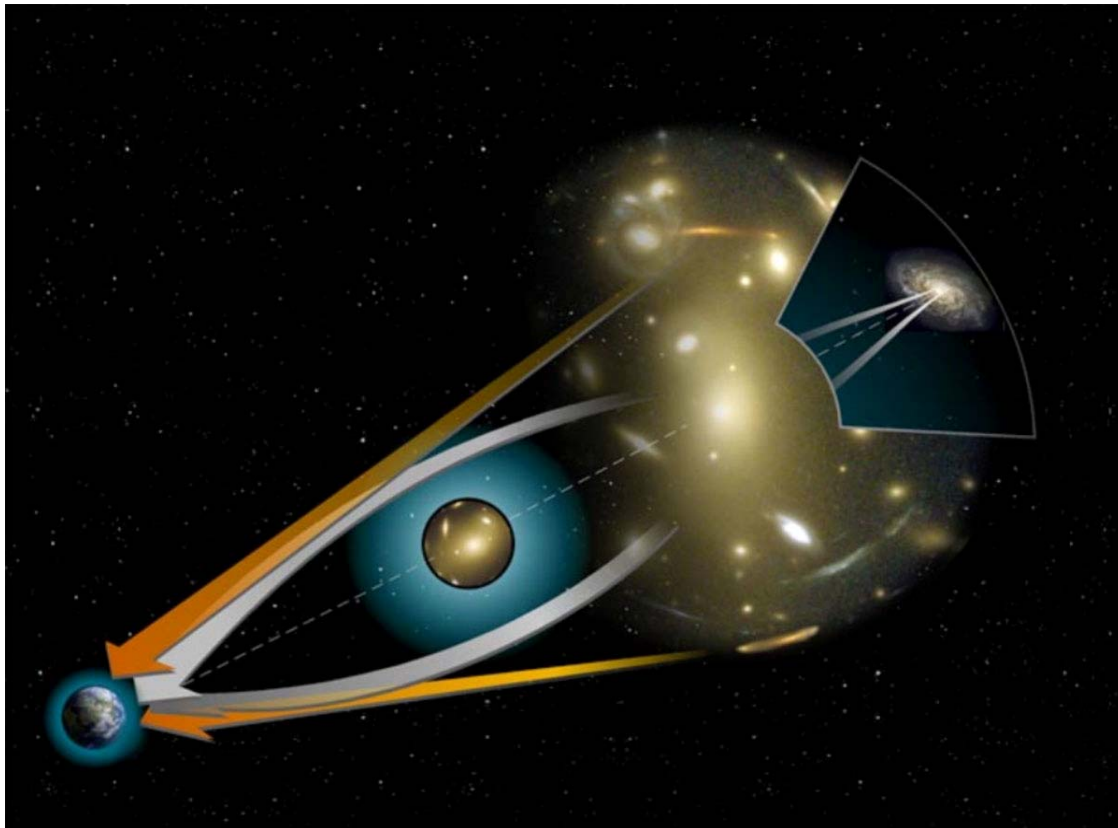


Fig. 6 Modell av gravitasjonell lysavbøyning.

Årlige utgifter til medlemskontingenter til instrumenter som NOT, evt. SALT eller ESO vil være fra 3 til 20 MNOK, avhengig av ambisjonsnivå. Om Norge skal gjøre som andre nordiske land og gå inn i ESO-medlemskap vil dette beløpe seg til minimum 16 mill. kroner i medlemskontingent årlig og sannsynligvis en initialkostnad på 60 – 70 mill. kroner. Dertil ville det komme årlige følgeforskningskostnader med tilhørende rekruttering på minimum 1 mill. kroner.

Sentrale prioriteringer innen kosmologi er:

- Maksimalisere den vitenskapelige utnyttelsen av investeringer i NOT og Planck.
- Benytte innovative metoder på data fra bl.a. Planck og senere eksperimenter til direkte å bestemme parametrene for Big Bang og universets rotasjon.
- Sikre tilgang på tilstrekkelige tungregneressurser for databearbeiding og modellering.
- Sikre datatilgang fra store rom- og bakketekesoper for å studere direkte hvordan galakser ble til tidlig i universet og følge opp disse med numerisk modellering.
- I samarbeid med partikkelfysikere finne hvordan observasjoner kan gi begrensninger på nye fundamentale teorier, spesielt teorier der elementærpartiklene er strenger.

3.6 Nye muligheter – geologi i rommet

Norge har et ledende miljø innen geologi og geofysikk. Flere grupper innen dette miljøet viser nå interesse for å bruke sin kunnskap på andre objekter i solsystemet. Vitenskapelig vil det være interessant å koble disse miljøene sammen med de klassiske miljøene romforskning. Dette er også en vei til å trekke ut synergi mellom forskning av og fra rommet, geologer er store brukere av jordobservasjonsdata.

Norske geologer har arbeidet tett med amerikanske forskere for å utnytte geologiske og biologiske formasjoner på Svalbard som analogi til Mars. Fra amerikansk side er det både planetologer, biologer og tekniske miljøer som er involvert. Dette arbeidet kan utvides med en økt innsats fra Norge. Det kan omfatte geologiske og biologiske miljøer i Norge og dermed utnytte norske fortrinn og norsk kompetanse for å komme i inngrep med høykvalitetsforskning det ellers ikke ville være mulig å delta i.

ESA har inngått et samarbeid med India om Indias første romforskningsprosjekt, månesatellitten Chandrayan. Norske romforskere blir finansiert av ESA for å utvikle et infrarødt kamera som skal være med å kartlegge Månens geologi. Siden disse romforskerne ikke har geologisk kompetanse har de inngått et tett samarbeide med norske geologer for å kunne bidra med vitenskapelig ekspertise. Dette er til nå det beste eksemplet på den synergi som kan oppnås ved å trekke inn geologisk ekspertise.

3.7 Teknologibehov og kobling til industri

Problemstillingene innen forskningsfeltet er mange, og dyrt og teknologisk avansert utstyr er vanligvis nødvendig for å løse oppgavene. Norge har gjennom mer enn 40 år oppnådd en teknologisk ekspertise innen utvikling og bygging av eksperimenter til forskningsraketter og satellitter for utforskning av rommet. Denne ekspertisen er hovedsakelig ved universitetene og ved FFI. En lengre periode med lav finansiering har medført at denne ekspertisen nå er svært sårbar. Dersom denne ekspertisen skulle forsvinne vil det være ytterst vanskelig og ta lang tid å bygge den opp igjen. Spesielt innen rakettknologien er FFI helt i utviklingsfronten og her er miljøet mest utsatt. All rakettforskning ved universitetene er avhengig av FFI, og en forvitring av dette miljøet vil medføre at det ikke vil være mulig å drive rakettforskning i Norge i fremtiden.

I utviklingen av rakettknologi (nyttelaststruktur, kommunikasjons- og navigasjonssystemer, vitenskapelige instrumenter & c) ligger et potensial for nær kobling til industrien. Andøya Rakettskytefelt AS utvikler eksempelvis nye konsepter for nyttelaster som kan produseres i Norge.

Også innen den bakkebaserte utforskningen av rommet er det høye teknologikrav, for eksempel i forbindelse med oppgradering av EISCAT og instrumentering til NOT og det svenske solteleskopet.

Dersom Norge skulle ønske å delta i rominstrumentering innen forskning *fra* rommet (jordobservasjon) er det kun innen forskningsgruppene som arbeider med utforskning av rommet den nødvendige ekspertisen finnes.

På grunn av knappe ressurser har ikke de teknologiske vekselvirkningene mellom forskningsmiljøer og industri vært tilfredsstillende. Mange ting som burde vært utført i industrien er gjort i forskningsmiljøene, og dermed har ikke gode ideer blitt overført til industrien. I andre land er romforskningsgruppene en stor og krevende kundegruppe for industrien, og den kompetansen industrien dermed har fått har gitt et konkurransefortrinn i forhold til de norske bedriftene.

På tross av begrensede midler har norsk industri fått noen oppgaver innen romforskning. Utviklingen av vesentlige deler av SOHO-deltakelsen ble utført av norsk industri finansiert av NAVF. Denne utviklingen var krevende og kompetansegivende for de aktuelle bedriftene, som hevder at dette arbeidet bidro vesentlig til at de kom inn på det internasjonale rom-

markedet. Utviklingen av røntgendektoren til prosjektet ASIM vil bidra til industriell teknologiutvikling som av Ideas ASA anses for svært verdifull for deres egen produksjon av røntgenkameraer for bruk i medisin. Videre har det også vært oppgaver for EISCAT, - først og fremst for det tidligere Norsk Data, men også Kværner via Kværner KamFab.

Gjennom den nåværende begrensede deltakelsen i instrumentdelen til Planck-satellitten har et firma som Kongsberg Spacotec en krevende utviklingskontrakt på et kommersielt grunnlag, finansiert av UFD-midler. Teknologisk utvikling er essensielt innenfor fagfeltet, og det kan vises til kontrakter for leveranser til Planck fra Kongsberg Defence & Aerospace og til NOT fra Prototech. Her har norsk industri muligheter for kompetanseutvikling på meget avansert nivå med deltakelse både i eksisterende og fremtidige prosjekter.

Det vil være ønskelig for industrien at de kan bli finansiert til å gjøre slike oppgaver også for fremtidige prosjekter. Flere muligheter vil da kunne forventes for bedrifter som: Kongsberg Defence & Aerospace, Prototech, Ideas ASA, Eidsvoll Electronics AS - EIDEL, Kongsberg Spacotec og AME AS.

Det meste av denne forskningen foregår på høye breddegrader, og plasseringen av store forskningsinstallasjoner i Nord-Norge og på Svalbard er gunstig, både for landsdelene med nærværet av forskere fra mange land og for muligheten til oppbygging av avansert kompetanse innen høyteknologi.

Satsingen må:

- Sikre videreføring og utvikling av forskningsgruppens teknologiske kompetanse innen rominstrumentering.
- Utvikle samarbeidet mellom forskningsgruppene og relevant industri.
- Tillate forskningsgruppene å være krevende kunder for industrien.

3.8 Departementenes interesser

Denne forskningen må sees på som hovedsakelig erkjennelsesdrevet forskning, og det forventes derfor ikke finansiering fra andre kilder enn universitetene selv, Forskningsrådet og UFD på departementssiden, i tillegg til at NHD burde ha interesse for den til dels betydelige instrumentutvikling og kompetanseoppbygging ved norske bedrifter som foregår i forbindelse med deltakelse i både satellitt- og teleskopprosjekter. Innen flere av aktivitetene spiller Nord-Norge og Svalbard viktige roller. Her oppstår det mange typer arbeidsplasser med høye kompetansebehov, og det skapes nærings- og samfunnsmessige ringvirkninger i regionen.

Viktig kompetanseoppbygging er også aktuelt for sektordepartementene med anvendte behov. Når vi ser på det nære verdensrom spesielt, inkludert den øvre atmosfære, berører det i stor grad interessene til MD og LMD pga. romforskningens kobling mot klima. FD og SD vil også kunne ha nytte av at forskningen på dette området intensiveres, med tanke på romværets innflytelse på radiokommunikasjon og satellittnavigasjon.

3.9 Ressurser

Dagens støtte til utforskning av rommet omfatter medlemskontingenter i internasjonale organisasjoner (ESA, EISCAT, NOT), institusjonenes drifts- og lønnsmidler, Forskningsrådets nåværende romforskningsprogram samt noe støtte i form av YFF- og SUP-midler. De relevante ESA-investeringer går over Norsk Romsenters budsjett fra NHD og utgjør om lag

64 millioner kroner. Kontingentene til EISCAT og NOT er nå om lag 4,5 millioner kroner, men forventes å øke. Det nåværende romforskningsprogrammet utgjør 12 millioner kroner.

I oppstillingen av resursbehovene under er ikke de årlige investeringene til ESA tatt med, derimot er kontingentene til EISCAT, NOT og eventuelt ESO tatt med. Investeringsbehovet fra norsk side for en ny EISCAT antenne (≈80 millioner) og inngangsavgift til ESO (≈65 millioner) er ikke tatt med. Disse må tas i tillegg i henholdsvis det ”akseptable” og gode nivået.

For utforskning av rommet innebærer minimumsnivået at den nåværende nedbyggingen av aktiviteten bremses, men minimal satsing utover de pågående og allerede startede aktivitetene.

Det akseptable nivået innebærer at nedbyggingen stoppes, utnyttelsene av pågående aktiviteter på et rimelig nivå og det blir noen muligheter i å investere i framtidige prosjekt. Engangsinvesteringen til ny EISCAT radar kommer i tillegg.

Det gode nivået innebærer at norske forskere får en finansiering som er på nivå med det som er tilgjengelig for forskerne i de gode romforskningslandene i Europa. Innmeldingskostnaden til ESO kommer i tillegg.

Nivå	Innhold	Beløp pr år
Lavt	Utnyttelse av eksisterende prosjekter	12
	Utnyttelse av nasjonal bakkeinfrastruktur	7
	Minimumsdeltakelse i EISCAT og NOT	8
	Overlevelse av rakettvirksomheten/instrumentbygging og simuleringskapasitet	6
		33 mill kr
Middels	Utnyttelse av eksisterende prosjekter	12
	Utnyttelse av nasjonal bakkeinfrastruktur	7
	Styrket deltakelse i EISCAT og NOT ⁽¹⁾	12
	Levedyktig rakettvirksomhet/instrumentbygging og simuleringskapasitet.	10
	Deltakelse i prioriterte nye prosjekt	5
	46 mill kr	
Godt	Utnyttelse av eksisterende prosjekter	12
	Utnyttelse av nasjonal bakkeinfrastruktur	7
	Styrket deltakelse i EISCAT og NOT ⁽¹⁾	15
	Levedyktig rakettvirksomhet/instrumentbygging og simuleringskapasitet.	12
	Deltakelse i prioriterte nye prosjekt.	8
	Utnytte norsk geologiekspertise innen planetologien	5
	Deltakelse i ESO.	20
	79 mill kr	

(1) Investeringsbehovet fra norsk side for en ny EISCAT antenne (≈150 millioner) og inngangsavgift til ESO (≈65 millioner) er ikke tatt med.

4. Formidling og kommunikasjon

Romforskning representerer et forskningsfelt som allmennheten og beslutningstagere er opptatt av. Medias oppmerksomhet og interesse for fagfeltet er meget høy sammenlignet med andre forskningsfelter. Utfordringen blir å utnytte den eksisterende medieinteresse og skape ytterlig fokus på romforskning. Særlig astronomi og romfysikk får en utrolig oppmerksomhet i medier og blant folk flest. Dette kan utnyttes videre der disse fagfeltene kan brukes som lokomotiv for å dra med seg de andre temaene. Også andre fagfelt innefor naturfag kan trekke nytte og erfaring fra slik formidling. Formidling rettet mot skolene vil kunne dra nytte av NAROM.

Det er videre viktig å få frem nytteverdien av den forskningen som utføres i Norge og at Norsk industri tilføres oppdrag der ny teknologi utvikles. Argumenter for hvorfor romforskning er viktig bør understrekes ofte.

Formidlingen av den nye satsingen innen romforskning må rettes mot relevante målgrupper. Det er prosjektenes eget ansvar å formidle informasjon om sine aktiviteter og resultater til offentligheten, kostnadene for denne plikten skal dekkes innenfor prosjektenes rammer. Prosjektene skal lage en presentasjonsbrosjyre når de første bevilgninger er gjort.

Norges forskningsråd og Norsk Romsenter bør også bruke ressurser på formidling av resultater fra programmet samt motivere prosjektene til å legge vekt på egen kommunikasjonsvirksomhet. De viktigste formene for kommunikasjon vil være:

4.1 Internett

De ulike prosjektene har egne ansvar for tilrettelegging på egne websider. Videre ser en for seg at Forskningsrådet viderefører de websidene som allerede finnes for Romforskning: <http://www.forskningsradet.no/romforsk/>. Denne er tilsynelatende rettet mot forskere og beslutningstagere og inneholder i dag programmatisk informasjon etc. Det er m.a.o. ingen forskningsformidling slik sidene er i dag.

Det bør diskuteres om Norges forskningsråd skal inkludere en elektronisk nyhetstjeneste eller om dette i sin helhet skal dekkes av Norsk Romsenter sine hjemmesider samt prosjektenes egne hjemmesider. Norsk Romsenter bør også ha en god beskrivelse av programmet og de ulike prosjekter, med linker til prosjektenes hjemmesider. Norsk Romsenter vil legge ut nyheter fra romforskningen og vil kunne bistå med presentasjon av pressemeldinger og kontakt med pressen.

4.2 Medier

Media (dagspresse, radio, TV) er den viktigste kanalen til publikum og er den viktigste kilden for informasjon hos politikere og beslutningstagere. Populærvitenskapelige tidsskrifter er også et viktig virkemiddel. Det skal legges opp til en aktiv pressetjeneste med nyhetsservice og e-posttjeneste. Målsetningen skal være å øke mediefokus på romforskning og betydningen den har på samfunnet.

4.3 Andre muligheter

Det skal legges opp til å bruke et bredt spektrum av formidlingstiltak, dette kan inkludere; åpne faglige seminarer/workshops/sommerskoler, populærvitenskapelige foredrag, romdager, formidling rettet direkte mot skoleverket (NRS/NAROM/nysgjerrigper), vitenskapskafeer og så videre.

Det skal settes fokus på romforskning som kulturell inspirasjonskilde

- bildekunst
- science fiction
- filmer
- musikk
- lyrikk

Videre skal satsingen gi stimulans til romrelaterte aktiviteter (f.eks hovedoppgaver) innen helt andre felter:

- romjus
- statsvitenskap
- historie
- språk
- økonomi

5. KONKLUSJON

Forskning som utnytter rommet er et omfattende felt, som befinner seg i en rivende utvikling. For Norge som land med sin store utstrekning og lange kystlinje er det spesielt viktig å plassere seg i forskningsfronten. Dette vil ha stor betydning for vårt kunnskapsgrunnlag, for forståelse av miljøet omkring oss og forvaltning av våre naturressurser og for utviklingen innen moderne teknologi og tjenester med store kommersialiseringsaspekter.

Norsk romforskning involverer mange forskningsmiljøer, og oppgavene er ofte tverrfaglige. Engasjementet i Nord-Norge og på Svalbard er både stort og viktig. Mange av temaene det forskes på har ofte en vesentlig grunnforskningskomponent og er viktige for den menneskelige erkjennelse av jorden og universet vi lever i. Det er et stort uutnyttet potensiale, som forventes å vokse med stor fart i de nærmeste årene.

Norske forskningsmiljøer innen romforskning har muligheter til å utnytte mer av dette potensialet. Forskningsfeltene som vi har beskrevet ovenfor har i seg temaer av vesentlig interesse for mange departementer. Viktige forskningsoppgaver for mange av våre departementer kan best, og noen ganger kanskje utelukkende, løses gjennom romforskningen. Dette gjelder departementer som UFD, NHD, MD, MOD, KRD, FD, SD, HOD, UD, LD, FKD. Det er et godt tidspunkt for å starte en langsiktig nasjonal satsing som gjør det mulig å utnytte romvirksomhetens potensiale for Norge innen forskning, utdanning, innovasjon og miljøforvaltning. For nasjonen vil det være en god investering, fordi vi har mange interessante og nyttige aktiviteter og gode miljøer med internasjonale nettverk til å gjennomføre nye oppgaver. På bakgrunn av disse forholdene legger Norges forskningsråd i samarbeid med Norsk Romsenter fram dette forslaget til en omfattende og samlet satsing innen forskning som utnytter rommet.

Norges Forskningsråd og Norsk Romsenter har ikke tatt stilling til organiseringen av den foreslåtte satsingen. Men det er klart at satsingen må være vedvarende og forutsigbar over flere år.

Budsjettene bør til en viss grad være preget av beredskapsmessighet, i og med at ESAs finansieringsbehov først oppstår i det et prosjekt er utvalgt som deltaker i et romeksperiment. Alle prosjektforslag som sendes ESA gjennomgår en grundig søknadsbehandling som omfatter bl.a. peer review og vurdering av teknisk gjennomførbarhet. Man må operere med budsjetter for denne nasjonale forskningsinnsatsen av en slik størrelse at det alltid vil kunne finnes en mulig reserve å tappe, når et prosjekt er utvalgt til å fly på en av ESAs eksperimentelle satellitter. Slike prosjekter bør da normalt kunne oppnå nasjonal finansiering, sett i lys av en overordnet kvalitetssikring i det norske virkemiddelapparatet.

Økonomisk er forslaget delt i tre nivåer. Med høyeste nivået vil Norge kunne operere i forskningsfronten innen flere områder der vi har store fortrinn eller store behov. På dette nivået ville Norge kunne fullt ut utnytte mulighetene gitt av våre medlemskap i internasjonale organisasjoner med høy samfunnsmessig nytte. Vi ville komme opp på et godt nivå i Europeisk sammenheng. Med en slik satsing og våre naturlige fortrinn vil Norge kunne være et av de landene som har størst nytte av rommet i 2015.

Nivå	Muligheter	Beløp pr år
Lavt	Utnyttelse av eksisterende prosjekter og nasjonal bakkeinfrastruktur. Begrenset deltakelse i planlagte prosjekt. Minimumsdeltakelse i EISCAT og NOT. Begrenset algoritmeutvikling. Overlevelse av mikrogravitasjons- og rakettvirksomheten samt instrumentbygging og simuleringskapasitet	65 mill kr
Middels	Utnyttelse av eksisterende og planlagte prosjekter og nasjonal bakkeinfrastruktur. Begrenset deltakelse i planlagte prosjekt og algoritmeutvikling. Deltakelse i utvidet EISCAT og NOT. Levedyktige miljøer i mikrogravitasjons- og rakettvirksomheten samt instrumentbygging og simuleringskapasitet. Deltakelse i prioriterte nye prosjekt	96 mill kr
Godt	Et finansieringsnivå som bringer Norge opp på et godt Europeisk nivå med deltakelse i ESO og utviklet EISCAT. Utvikler de gode forskningsmiljøene, sikrer rekruttering og gir forsknings- og utviklingsmiljø tilgang på datainformasjon som vil sikre miljøkartlegging og overvåking. Utvikling av nødvendige algoritmer. Deltakelse i nye prosjekt på likeverdig linje med sammenliknbare land. Tettere kobling mellom industri og forskningsmiljø.	156 mill kr

Appendix I: Norske forskningsmiljøer innen forskning fra rommet

Mange norske fagmiljøer er aktive på utforskning av jorden fra rommet. Vi vil her bare nevne noen av de mest sentrale aktørene, utover disse er det relevante aktiviteter særlig ved UiO, UiB og UMB:

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har vært og er den sentrale F&U institusjonen når det gjelder Norges kompetanse innen SAR prosessering og teknologisk kunnskap om radardata. Videre har FFI utviklet anvendelser for forsvaret på en slik måte at utviklingen av tjenester for sivile nasjonale institusjoner har dratt nytte av denne kunnskapen. Det er vesentlig at Norge fortsatt besitter slik kjernekompetanse.

Meteorologisk institutt (met.no) har ansvar for grunnlagsmålingene som trengs for moderne værvarsling. Satellitter er blitt en større del av slike målinger og met.no har etter hvert som satellittsystemer er utviklet og satt i drift, vært sentrale i anvendelsesutviklingen for å dra nytte av ulike satellittmålinger i den daglige værvarslingen. Met.no har egen F&U avdeling og dette har gjort at resultatene raskt er blitt utnyttet i operativ bruk. Forståelsen av målingene og integrasjon i modeller er ikke trivielt og de har godt samarbeid med internasjonale forskningsgrupper.

Statens kartverk (Sk) – geodesidivisjonen har ansvar for bestemmelse og tilgjengeliggjøring av den referanseramme som tillater å bestemme posisjon med tilstrekkelig nøyaktighet, bl.a. gjennom overvåking av massebevegelser i jordsystemet med hovedvekt på hav og arktiske områder. Dette er grunnlaget for moderne digitale kart over land, kyst og hav. Norsk satellittdataarkiv er en del av SK.

Norsk Polarinstitutt (NP) er Norges sentrale statsinstitusjon for kartlegging, miljøovervåking og forvaltningsrettet forskning i Arktis og Antarktis. Instituttet er faglig og strategisk rådgiver i miljøvern saker i disse områdene og har forvaltningsmyndighet i norsk del av Antarktis. Hovedtyngden av den faglige virksomheten er rettet inn mot miljøvernforvaltningens behov. De har de siste årene bygget opp egenkompetanse innen jordobservasjon.

Havforskningsinstituttet (HF) driver grunnleggende forskning knyttet til havets ressurser, havets miljø og marin oppdrett. Forskningen benyttes i stor grad til å gi råd til miljø- og fiskeriforvaltning. De viktigste tilstander som studeres fra satellitt er alger, utbredelse og konsentrasjon av sjøis og ulike former for forurensning.

Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) forsker på mange temaer med bruk av satellittdata. Blant disse kan nevnes studier av potensielt farlige menneskeskapte og naturlige geologiske strukturer som jordras og kollaps av undergrunnskonstruksjoner. Også forskning for utviklingsland er blant oppgavene, for tiden kartlegges en del av Mozambique.

Nansen senter for miljø og fjernmåling (NERSC) utfører tverrfaglig forskning innen marint miljø og klima gjennom integrert bruk av fjernmåling, in-situ målinger, numerisk modellering og dataassimilasjon. NERSC er det instituttet i Norge som har flest forskere innen jordobservasjon og de er sentrale og anerkjente også internasjonalt.

Norsk Regnesentral (NR) har hovedfokus på algoritmeutvikling for analyse av komplekse satellittdata, så som multisensor, multitemporale og hyperspektrale data. Det satses på analysemetoder for overvåking av snø i hydrologi og klimaovervåking, kartlegging av skogressurser og kulturminner, samt overvåking av landskapsendringer, miljøtilstanden i skog og miljøulykker som marin oljeforurensing.

NORUT – IT har kompetanse knyttet til signalanalyse og bildebehandling, med fokus på deteksjon av vind og bølger over havområder. Det arbeides også med kartlegging av snø, is, vegetasjon og andre miljø- og ressursvariable. NORUT-IT har jordobservasjon som strategisk satsingsfelt.

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har mange forskningsoppgaver relatert til instrumenter i satellitter. Studier av endringer i jordens atmosfære og andre deler av klimasystemet dokumenteres gjennom langsiktige systematiske observasjoner på global basis med satellitter. NILU har en sentral rolle i oppbyggingen av en europeisk database for målinger som valideres mot satellittmålinger. NILU har jordobservasjon som strategisk satsingsfelt.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) er i ferd med å bygge opp nettverk for anvendelser av satellittdata gjennom utprøving av fjernmålingsinstrumenter for terrestriske, marine, hydrologiske og atmosfæriske nøkkelparametre for arktiske og subarktiske regioner.

Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) er landbrukets fagsenter for geografisk informasjonsbehandling og har det nasjonale ansvaret for kartlegging av jord-, skog-, vegetasjons- og arealressurser i Norge.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for bærekraftig vannforvaltning gjennom undersøkelser av vannrelaterte problemstillinger. Jordobservasjon fra satellitter er et av NIVAs hovedsatsingsfelt.

Appendix 2: Norske forskningsmiljøer innen forskning i rommet

Følgende oversikt viser hvilke norske fagmiljø som per i dag deltar innen forskning og utvikling på og relatert til ISS:

NTNU / Plantebiosenteret og Institutt for Fysikk

Arbeidet i dette miljøet har hatt fokus på plantestudier under betingelser av vektløshet og kosmisk stråling i verdensrommet. De har deltatt i mange eksperimenter og prosjekter innen ESA. For tiden har de ett godkjent "Flight Experiment". Et klart bevis på dette miljøets internasjonale tyngde er ESAs utvelgelse av Plantebiosenteret til å etablere brukerstøttesenter til den europeiske modulen for planteveksteksperiment. Det betyr at sentret skal gi støtte til de utvalgte internasjonale forskningsgruppene i deres forberedelser av eksperimenter som skal utføres på ISS, gjennom opphold på Plantebiosenteret – før, under og etter gjennomføringen av eksperimentet. ESA har i alt 10 brukerstøttesentre for sine forskjellige eksperimentmoduler. Fagmiljøet ved NTNU ser for tiden også på mulighetene for å utvide bruken av plantevekstmodulen til å omfatte animalsk- og humanmedisinsk forskning i rommet i samarbeid med miljøer ved UiB.

SINTEF Materialer og kjemi/NTNU

Det er særlig to grupper som har utmerket seg ved materialforskning i rommet innen fremstilling av funksjonelle materialer (zeolitter) og studier av størkning og støping av lettmaterialer.

SINTEF/NTNU ble i 2003 invitert av ESA til å delta i et større internasjonalt størkningsprosjekt. Prosjektet SINTEF/NTNU deltar i retter seg mot utvikling av ny støpeteknologi for å produsere lettmaterialer mer kostnadseffektivt og samtidig oppnå mer optimaliserte egenskaper enn hva tilfellet er i dag. Det faglige bidraget til SINTEF/NTNU er rettet mot *in-situ* størkningeksperiment på bakken studert ved synkrotron radiografi, og en videreføring utført i vektløs tilstand på enten sonderakett eller på ISS. Dette miljøet arbeider også med opprettelsen av et ESA Topical Team innen design og kommisjonering av en røntgenavbildningsmodul som skal plasseres i rommet for studier av størkning og fremstilling av metallskum.

SINTEF Elektronikk og kybernetikk

Instituttet deltar i utvikling av måleteknologi for overvåking av gass i inneklime på romfartøyer som romfergen og ISS, i samarbeid med tyske miljøer, ESA og NASA. Prototypen skal skytes opp til ISS neste år, og en oppfølgingsmodul er allerede under planlegging. Konseptet anses også som svært interessant for fremtidig menneskelig utforskning av Mars. Dette er et prosjekt som har høstet stor internasjonal anerkjennelse, fordi SINTEFs selvutviklede metoder for gassgjenkjenning er langt bedre enn tidligere metoder. Prosjektet ligger i grenseland mellom teknologisk nyutvikling og forskning.

Universitetet i Tromsø/ Institutt for fysikk

Dette fagmiljøet deltar i fire eksperimenter innenfor "Dusty Plasmas" som er plukket ut som "Flight Experiments" på ISS av ESA. "Dusty Plasmas" er i grenseland mellom forskning i rommet og forskning på rommet, siden fenomenet forekommer i vår atmosfære (for eksempel nattlysende skyer). Hovedfokus innen denne forskningen er å forstå 3-dimensjonal oppførsel

av partikler i plasma som reproducerer grunnleggende molekylære fenomen. Disse resultatene vil videre bidra til dypere forståelse for forholdet mellom vakuum og atmosfærisk miljø.

Universitetet i Bergen, Institutt for Samfunnspsykologi

Instituttet utfører studier av hvordan man kan redusere sjansen for ulykker i verdensrommet som skyldes menneskelig svikt og samarbeidsproblemer, såkalt psykologisk romforskning. Det er ansvarlig for et eksperiment, som skal utføres "Ground Experiment". Etter forslag fra ESA vil deler av dette foregå på ISS som et "Flight Experiment" og gjennomføres flere ganger. Instituttet ved UiB har tidligere deltatt i flere eksperimenter og prosjekter med ESA innenfor psykososiale aspekter knyttet mot romforskning, og vil også i framtiden sannsynligvis få en rolle av ESA innenfor utvelgelsesprosesser av astronauter.

Institutt for energiteknikk

Ved IFE er det tre romforskningsgrupper. Ett prosjekt er innen hydrogenlagring i metall-hybrider for bruk i rommet. Dette er et ESA-prosjekt hvor også industribedriften Prototech i Bergen deltar. Videre finnes et industrioppdrag innen 3-D visualisering av stråling rundt rominstallasjoner i samarbeid med ESA. Og nylig har en forsker i samarbeid med UiO utviklet en metode for hurtigpåvisning av DNA i bergarter. Dette er et prosjekt som har skapt stor interesse i NASA på grunn av muligheten for å identifisere livsformer på bl.a. Mars.

Norges Veterinærhøgskole

NVH deltar i et prosjekt innen forskning på osteoporose, som skal utføres om bord på ISS på genmodifisert fisk. Prosjektet er et internasjonalt samarbeidsprosjekt med industrideltakelse, også fra norsk industri.

Appendix 3: Norske forskningsmiljøer innen utforskning av rommet

Følgende oversikt viser hvilke norske fagmiljøer som deltar aktivt innen romfysikk og astrofysikk.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) fokuserer primært på *grunnforskning* i den midlere atmosfære, med både *rakettinstrumenter* (ARS og Svalbard) og bakkebaserte instrumenter (lidar på ALOMAR, EISCAT). Vitenskapelig målsetning legger vekt på forhold på høye breddegrader, for eksempel NLC, PMSE, nordlys, PSC, ozon og på dynamiske prosesser som bølger og turbulens i atmosfæren, lagdeling og prosesser i *grenseland mellom nøytral atmosfærefysikk og plasmafysikk*. Det forekommer anvendte problemstillinger rundt kommunikasjon, navigasjon og romvær ifm. sol-jord-fysikk. Fordi FFI var med på instrumentering av Cassini, CLUSTER og Double Star, finnes det også en liten aktivitet på utnyttelse av data fra disse sondene.

Universitetet i Oslo - Fysisk Institutt (UiO/FYS) er sentrale på studier av magnetosfæriske substormer, dagnordlyset og plasmainstabiliteter i atmosfæren. Gruppen er ansvarlig for bakkebaserte observasjoner av dagnordlys fra Svalbard og Grønland. De er også aktive innen rakettprosjekter og deltar sterkt i CLUSTER og Double Star. Utnytter også ALOMAR.

Universitetet i Oslo - Institutt for Teoretisk Astrofysikk (UiO/ITA) forsker på en rekke disipliner innen astronomi og astrofysikk. Det anvendes teori, observasjoner og omfattende datasimuleringer. De største gruppene er innen solfysikk/stjernefysikk og kosmologi med noe mindre aktivitet på plasmafysikk og celest mekanikk. Utnytter i stor grad både bakke- og satellittbaserte observatorier. Deltar omfattende i store prosjekter som SOHO, Solar-B, PLANCK og ROSETTA. Har et meget bredt internasjonalt samarbeidsnett.

Universitetet i Bergen (UiB) studerer ionosfæriske og magnetosfæriske prosesser og ser på koblingen mellom magnetosfæren og nordlys. Dette inkluderer substormer, dynamikk i ionosfæren, og akselerasjon/nedstrømning av partikler. Bygger komponenter til satellitt-instrumentering, slik som PIXIE på POLAR. Deltar også sterkt i CLUSTER, sammen med UiO og FFI, og fremtidige prosjekter som ESAs Bepi-Colombo (til Merkur) og Indiske Chandrayan (månens mineralogi). Deltar i forprosjekt for et røntgeninstrument som skal studere elektriske utladninger fra Jorda ut i rommet (de såkalte sprites) fra ISS (ASIM).

Universitetet i Tromsø (UiT) driver studier omkring sol- og stjernevind, variable stjerner, kompakte objekter, planetariske ringsystemer, mikropartikkelfysikk (støv) og støv i jordas atmosfære. Studier av støv strekker seg derfor over grenselinjene for astrofysikk og romfysikk. UiT er et internasjonalt ledende miljø i bruken av EISCAT og særlig innenfor småskalastudier av plasmaturbulens og nordlys, samt eksperimenter og teoretiske studier av den polare mesosfæren. Deltar i et EU finansiert forprosjekt for utvikling av en moderne fasestyrt radar. Driver landets eneste plasmalaboratorium for anvendelser innen romfysikk. Eier og driver Nordlysstasjonen på Svalbard. Opprettholder et nettverk av magnetometre for geofysiske studier blant annet med kontrakter for oljeindustrien. Deltar på ALOMAR og med raketteksperimenter fra Andøya Rakettskytefelt og SvalRak.

Universitetsstudiene på Svalbard (UNIS) utnytter sin nordlige geografiske beliggenhet og fokuserer på nordlys og midlere atmosfæreforskning. Drifter Nordlysstasjonen i

Adventsdalen, i samarbeid med UiT, og utnytter EISCAT installasjonen på Svalbard. Utvikler instrumentering til satellitter.

Appendix 4: De ulike departementers nytte av forskning som utnytter rommet

Departement	Hvem / For hva	Anvendelser av satellitter
UFD	<u>NFR</u> / Kunnskapsoppbygging	Metodeutvikling innen hav, land, kryosfære, atmosfære og klima, astronomi og romfysikk og biologi.
	<u>met.no</u> / Grunnlagsdata, integrasjon og værvarsling for allmennheten	Inngår som en nødvendig del av moderne vær-, bølge- og isvarsling, samt klimastudier og påvirkning fra sola.
	<u>Undervisningssektoren</u>	Undervisningsmaterieell, prosjektoppgaver.
NHD	<u>NGU</u> / Geologisk kartlegging	Skredovervåking, nedsynking og forskyvning i berggrunn, sprekkedannelser, overvåking av geologiske prosesser.
	<u>NRS</u> / Utvikling av tjenester og produkter som utnytter Rommet	Bidra til utvikling av industri og anvendelser av rommet for dekning av nasjonale behov. Støtte relevante utviklingsprosjekter.
	<u>Innovasjon Norge</u> / Støtte til næringsutvikling	Støtte næringsutvikling innen Galileo. Nye muligheter innen varsling av nordlys og interaktiv satellittbildebruk for turistnæringen.
MD	<u>NP</u> / Overvåking og forvaltning av polområdene	Kartlegging, studier av havstrømmer, havtemp., forurensing, isbreovervåking, isfluks og isdynamikk, habitat og ressursforvaltning i polarområdene.
	<u>DN/fylker</u> / Overvåking og forvaltning av naturmiljø og biologisk mangfold Samarbeid med u-land	Kartlegging av landskap og endringer, visualisering - 3D, biologisk mangfold, beiteressurser, utmarksforvaltning, arealdekke for internasjonal rapportering. Sporing av husdyr og vilt.
	<u>SFT/NIVA</u> - nasjonale overvåkingsprogrammer, forurensing og internasjonal rapportering. Krav om utslipp til (olje) industrien. Samarbeid med u-land	Vannmasse- og forurensingsovervåking, siktedyp og alger, internasjonal rapportering. Kyoto-protokoll - rapportering av utslipp og opptak av klimagasser fra biomasse og jordsmonn.

	<u>Sk</u> / Norge digitalt, Norge i bilder – etablere og drive en nasjonal infrastruktur av geografisk informasjon. Samarbeid med u-land	Norsk satellittdataarkiv som en del av nasjonal infrastruktur. Geodesi og landmåling. Elektroniske kart.
	<u>RA</u> / overvåking og forvaltning av kulturminner. Samarbeid med andre land	Overvåking og endringer i kulturminner nasjonalt, visualisering i 3D.
	<u>NILU</u> / forståelse og overvåking av atmosfæren mht. ulike klimagasser	Overvåking av bl.a. ozonlaget og UV stråling. Klima og global luftforurensing.
FKD	<u>Fd/HF</u> / Fiskeri- og ressursforvaltning	Havstrømmer, havtemperatur, iskant og isdynamikk, ressurs- og fiskeriforvaltning Algeovervåking. Fangstrapportering og sporing av fiskefartøyer.
	<u>Kystverket</u> / Akutt forurensing og sikkerhet til sjøs	Oljeovervåking til havs. Skipsdeteksjon og identifikasjon med AIS.
FD	<u>FOHK/LDKN/FFI/</u> Suverenitetshevdelse	Skips- og oljedeteksjon kombinert med AIS. Romvær og romfysikk (HF-samband), øvre atmosfære. Globus-2. Kommando og kontroll, navigasjon.
JD	<u>Hovedredningssentralene</u> / Søk og redning; skred	Vær- og bølgevarsling, driftbaner, nødpeiling.
	<u>Politidirektoratet</u> / Ettersøk	Kart – og satellittinfo. , 3d visualisering av terreng kombinert med GPS. Sporing av egne og stjålne kjøretøyer.
OED	<u>NVE</u> / Flom og snøovervåking, energiforsyning	Snøsmelting, utbredelse av flomområder, flomvarsling, isbreovervåking, massebalanse. Rominduserte strømmer i kraftnettet.
	<u>OD</u> / Krav og oppfølging av oljeindustrien - ressurskartlegging	Overvåking av oljeutslipp til havs, olje fra havbunnen (seepage), havmiljø. Romværets betydning for geologiske undersøkelser, søk etter olje og gass, retningsstyrt boring, korrosjon i rørledninger.
LMD	<u>NIJOS</u> / Arealkartlegging, skog – og jordbruksovervåking	Arealressurskart, skogovervåking, endringer i fjellområder, internasjonal rapportering, jordsmonnkartlegging,

	<u>Mattilsynet</u> / Kontroll av dyr og mat	Forurensings- og algeovervåking, langsiktig overvåking og internasjonal rapportering
UD	<u>NORAD</u> / Ressurskartlegging i u-land Katastrofehjelp og varslingsystemer	Arealkartlegging, satellittbildekart, havovervåkingsystemer, samband.
SD	Veidirektoratet og jernbaneverket / Utbygging og vedlikehold av vei og bane	Konsekvensutredning ved vei/baneutbygging, tap av biologisk mangfold, nedsynking av grunn, skredovervåking, snøovervåking.
	Luftfartstilsynet og Avinor / Flytrafikk	Satellitter for navigasjon og sporing. Effekter av romvær på kommunikasjon. Utladning i forbindelse med tordenskyer.
KRD	<u>Kommuner og fylkeskommuner</u> / Arealplanlegging	Små arealendringer kommunevis kan gi store endringer nasjonalt – satellittdata gir grunnlag for nasjonale oversikter og endringer.

Appendix 5: Forklaring av akronymer

7RP	EUs syvende rammeprogram for forskning og teknologisk utvikling
ALOMAR	Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research
AO	Announcement of Opportunity
ARS	Andøya Rakettskytefelt
EISCAT	European Incoherent Scatter (radaranlegg – infrastruktur) European Incoherent Scatter Scientific Association (medlemsorg.)
ELIPS	European programme for Life and Physical sciences and applications utilising the International Space Station
ESA	European Space Agency
ESO	European Southern Observatory
EU	Europeiske Union
FD	Forsvarsdepartementet
FFI	Forsvarets Forskningsinstitutt
FKD	Fiskeri- og kystdepartementet
G	gravitasjonskraft
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GPS	Global Positioning System
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme
ILWS	International Living With a Star Programme
IPY	International Polar Year (2007 – 2008)
ISS	International Space Station
KRD	Kommunal- og regionaldepartementet
LMD	Landbruks- og matdepartementet
MD	Miljøverndepartementet
NAROM	Nasjonal senter for romrelatert opplæring
NAVF	Norges Allmenvitenskapelige Forskningsråd (tidligere)
NERSC	Nansen Environmental and Remote Sensing Center
NHD	Nærings- og handelsdepartementet
NIJOS	Norsk institutt for jord- og skogkartlegging
NILU	Norsk Institutt for Luftforskning
NOT	Nordic Optical Telescope
NP	Norsk Polarinstitutt
NTNU	Norges teknisk- naturvitenskapelige Universitet
OED	Olje- og energidepartementet
SAR	Synthetic Aperture Radar
SD	Samferdselsdepartementet
SUP	Strategiske universitetsprosjekter
UD	Utenriksdepartementet
UFD	Utdannings- og forskningsdepartementet
UiB	Universitetet i Bergen
UiO	Universitetet i Oslo
UiT	Universitetet i Tromsø
UNIS	Universitetsstudiene på Svalbard
WCRP	World Climate Research Programme
WMO	World Meteorological Organization
YFF	Yngre fremragende forskere (finansieringsordning)