



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Teknisk rapport

Ørsted 10 år i Rummet

23.2.1999 - 23.2.2009

Festarrangement og Udstilling på Tycho Brahe Planetarium

Peter Stauning





Teknisk rapport

Ørsted 10 år i Rummet

23.2.1999 - 23.2.2009

Festarrangement og Udstilling på Tycho Brahe Planetarium

Peter Stauning



Kolofon

Serietitel:

Teknisk rapport tr09-09

Titel:

Ørsted 10 år i Rummet

Undertitel:

23.2.1999 - 23.2.2009

Festarrangement og udstilling på Tycho Brahe Planetarium

Forfatter:

Peter Stauning

Andre bidragsydere:

DTU Space

Terma A/S

Tycho Brahe Planetarium og Omniteater

Ansvarlig institution:

Danmarks Meteorologiske Institut

Sprog:

Dansk

Emneord:

Ørsted, satellit, rumforskning, geomagnetisme

Url:

www.dmi.dk/dmi/tr09-09.pdf

ISSN:

Versions dato:

2.4.2009

Link til hjemmeside:

www.dmi.dk

Copyright:

Danmarks Meteorologiske Institut (DMI)

Forord

Rapporten giver en dokumentation af festarrangement den 23. februar 2009 på Tycho Brahe Planetarium og Restaurant Cassiopeia samt udstilling på Planetariet i tiden mellem 23. februar og 31. marts 2009 i anledning af Ørstedsatellitens 10 års jubilæum i rummet. Fest og udstilling blev arrangeret gennem et samarbejde mellem Tycho Brahe Planetariet, Terma A/S, DTU Space og Danmarks Meteorologiske Institut. Dokumentationen i rapporten tjener tillige som oversigt over den eksisterende beholdning af instrumenter og plancher mv. for eventuelle anvendelser ved efterfølgende arrangementer.

Indholdsfortegnelse

1. Jubilæumsfestarrangement	side	2
2. Ørsted 10 år i Rummet	-	3
2.1. Pressemeddelelse	-	3
2.2. Dansk rumforskning og små satellitter (Per L. Thomsen)	-	5
2.3. Ørsted og dansk rumpolitik (Peter Stauning)	-	7
3. Ørsted udstilling. Udstillingsplan og fotos	-	9
3.1. Udstillingsmontre med CPD instrument, PCU og CDH computer	-	10
3.2. Udstillingsmontre med CSC magnetometer sensor i gondol	-	11
3.3. Udstillingsmontre med stjerne kamera sensor og elektronikbox	-	11
3.4. Fotos af posterstandere	-	12
4. Ørsted udstilling. Instrumenter	-	15
4.1. Demo-sektion af Ørsted mast	-	16
4.2. Ørsted Power Control Unit (PCU)	-	17
4.3. Batteri pakke	-	17
4.4. Control and Data Handling (CDH) computer	-	18
4.5. Control and Data Handling (CDH) computer	-	19
4.6. Compact Spherical Coil magnetometer sensor og elektronikbox	-	20
4.7. Stjerne kamera sensor enhed og elektronikbox	-	21
4.8. Charged Particle Detector (CPD) instrument (Spare flight unit)	-	22
5. Ørsted udstilling. Posters "Fra Ørsted til Swarm"	-	23
5.1. DMI Posters (Peter Stauning)	-	24
5.13. DMI Posters (Cathrine Fox Maule og Gudfinna Adalgeirsdottir)	-	36
5.15. DMI Posters (F. Rubek m.fl.)	-	38
5.16. DTU Space posters (Per Lundahl Thomsen)	-	39
5.20. Terma Posters (Carsten Jørgensen)	-	43

1. Festarrangement

Ørsted Festforestilling, Reception og Jubilæumsfestmiddag

Mandag den 23. Februar 2009

kl. 15:00 - 21:00

Ved Ørstedsatellitens 10-års jubilæum i rummet inviterede jubilæumsfestkomitéen alle medlemmer af Ørsted Styregruppe, projektledere og medarbejdere i Ørstedsatellitprojektet, repræsentanter for de involverede ministerier, institutioner, organisationer og virksomheder samt repræsentanter fra de internationale rumagenturer til en festforestilling og reception på Tycho Brahe Planetarium i København. Programmet omfattede:

14:00 – 15:00 **Pressemøde**

- Pressemeddelelse
- Dansk rumforskning og små satellitter (Per Lundahl Thomsen)
- Ørstedsatellitten og dansk rumpolitik (Peter Stauning, DMI)

15:00-16:30 **Festforestilling: *Rummet - fra Ørsted til Swarm***

- Velkomst (Michael Linden-Vørnle, Tycho Brahe Planetarium)
- Ørstedes vanskelige start (Peter Hoffmeyer, Terma A/S)
- Ørstedes tekniske og videnskabelige succeser (Fritz Primdahl, DTU Space)
- Magnetfeltmodellering i verdensklasse (Nils Olsen, DTU Space)
- Ørsted ser under isen (Cathrine Fox Maule, DMI)
- Ørsted og rumvejret (Peter Stauning, DMI)
- Swarm - Ørstedes efterfølger (Eigil Friis-Christensen, DTU Space)

17:00 **Åbning af Ørsted udstilling med**

- Ørsted satellitmodel (ophængt i størrelse 1:1)
- Instrumenter til Ørsted (i montrere og plancher)
- Ørstedes fremragende resultater (i plancher og video)
- Ørsted og Dansk rumindustri
- Fra Ørsted til Swarm
- Ørsted og klima

17:00-18:30 **Reception og festtaler**

- Vin, øl, vand, pindemadder og frugt
- Ørstedsatellitten i europæisk perspektiv (Lars P. Prahm, EUMETSAT)
- Uformelle festtaler (højst 5 min)

19:00-21:00 **Jubilæumsfestmiddag i Restaurant Cassiopeia**

- 3-retters jubilæumsfestmenu
- Ørstedsatellitens baggrund og historie (Eigil Friis-Christensen, DTUSpace)
- Forskellige indslag om Ørstedes dramaer og succeser
- Uformelle middagstaler (højst 3 min)

Foruden Ørsted styregruppe og projektlederne fra Ørsted satellitprojektet var repræsentanter for de involverede ministerier og ledelsen af de deltagende institutioner og virksomheder samt internationale rumagenturer inviteret til den efterfølgende jubilæumsfestmiddag på Restaurant "Cassiopeia" (i Planetariebygningen).

2. Ørsted 10 år i Rummet.

2.1. Pressemeddelelse udsendt af Terma A/S, DTU Space og DMI:

Ørstedsatellitten fejrer 10 år i Rummet og er stadig i arbejde.

Pressemøde og festarrangement på Tycho Brahe Planetarium den 23. februar 2009.

Den 23. februar kl. 11:29:55 har den lille danske Ørstedsatellit opholdt sig i Rummet i 10 år. Ørsted fungerer endnu og leverer stadig præcise magnetiske målinger til løsningen af satellittens hovedopgave: kortlægning af Jordens magnetfelt. Satellittens 10-års jubilæum i Rummet fejres ved et særligt festarrangement på Tycho Brahe Planetarium i København. Arrangementerne starter med et pressemøde kl. 14:00 - 15:00, hvor en række af Ørstedes projektledere og forskere stiller op.

Ørstedsatellitten er en enestående succes. De største landvindinger kan sammenfattes i følgende punkter:

- *Ørstedes præcise magnetiske målinger er grundlaget for de mest nøjagtige modeller af Jordens magnetfelt og bliver anvendt såvel til udforskning af bevægelser i Jordens kerne som til kortlægning af anomalier i jordskorpen.*
- *Ørstedsatellittens magnetiske målinger er anvendt ved kortlægning af strømsystemer i rummet og i studier af solvindens kobling med Jordens øvre atmosfære.*
- *Ørstedes målinger af den energirige partikelstråling har givet ny viden om strålingsproblemer for computere på satellitter i Jordens strålingsbælter eller over polarområderne under soludbrud.*
- *Målinger med Ørstedes GPS-instrumentering har bidraget til udvikling af GPS-baserede atmosfære-sonderinger for meteorologiske anvendelser.*
- *Med basis i Ørstedes målinger er der udgivet over 300 videnskabelige, tekniske og andre faglige publikationer og proceedings-artikler i internationale tidsskrifter.*
- *Der blev til Ørsted udviklet og anvendt nye software teknologier, som i dag benyttes til de fleste rummissioner. Ørsted flyttede grænserne mht. software-funktionalitet, -korrekthed, og -kompakthed.*
- *Ørsted blev startpunktet for en helt ny teknologi til kompakt montage af effektkomponenter, en montageteknologi som resulterer i, at satellitters kraftcenter - strømforsyningen - får mindre vægt og volumen.*

Ørstedsatellitten er en betydelig teknisk bedrift - satellitten blev kåret af Ingeniørforeningen til en ærefuld 4. plads i konkurrencen om "Det 20. århundredes største danske tekniske bedrift" (efter Valdemar Paulsens radiosender, Storebælts-forbindelsen og den Transiranske jernbane).

Men satellitprojektet kan også fremhæves som en organisatorisk bedrift. Det er på enestående vis lykkedes at tilvejebringe et tæt samarbejde om et stort rumprojekt mellem industri, universiteter og andre offentlige institutioner.

Det nationale samarbejde har omfattet seks universiteter og forskningsinstitutioner (Danmarks Tekniske Universitet, Københavns Universitet, Aalborg Universitet, Ingeniørhøjskolen Københavns Teknikum, Dansk Rumforskningsinstitut, og Danmarks Meteorologiske Institut) og otte industrivirksomheder (Terma A/S, CRI, Copenhagen Optical Company Aps, DCC International, Innovision, Per Udsen Co, Rescom og Ticra).

Det internationale samarbejde omfatter de store rumfartsorganisationerne NASA, ESA, CNES (Frankrig) og DLR (Tyskland) samt mere end 40 universiteter og forskningsinstitutioner verden over.

Ørsted gav kimen til udvikling af ny teknologi inden for effekt-elektronik som i dag anvendes på Mars-, Venus- og komet-missioner og som i fremtiden skal anvendes på missioner til bl.a. Merkur. På Ørsted blev satellittens check-out og mission-control funktioner kombineret på en måde som man på daværende tidspunkt ellers kun talte om. Samme princip bruges nu af ESA på f.eks deres mest avancerede videnskabelige mission, Herchel/Planck.

Som en yderligere gevinst ved projektet, bygger ESA en ny ambitiøs satellitmission, Swarm, baseret på den videnskabelige ekspertise, der er opbygget gennem Ørsted-missionen. Konceptet er udviklet af danske forskere og består af tre ens satellitter, der skal måle magnetfeltet i tidsrummet mellem 2011 og 2014 med endnu større nøjagtighed.

På pressemødet den 23. februar kl. 14:00 - 15:00 på Tycho Brahe Planetarium forud for fest-arrangementerne vil der være repræsentanter til stede fra danske forskningsinstitutioner og industri-virksomheder involveret i Ørsted-satellitten og i de kommende store rumprojekter.

København den 18. februar 2009
Ørstedprojektets Jubilæumsfestkomite
Terma A/S, DTU Space, DMI og Tycho Brahe Planetarium

2.2. Dansk rumforskning og små satellitter (notat i *pressekit*)

(af Per Lundahl Thomsen, DTU Space.)

Små satellitter har vist sig at være et område, hvor det i Danmark er lykkedes – starten med ØRSTED - at etablere et meget intensivt og frugtbart samarbejde mellem forskningsinstitutioner, universiteter og danske erhvervsvirksomheder. Dette samarbejde er groet frem på baggrund af de erfaringer, der er opnået gennem deltagelse i programmerne inden for Den Europæiske Rumorganisation ESA.

Forskningsmæssigt har ØRSTED projektet bragt Danmark i en central position inden for udforskningen af jordens magnetfelt. Magnetfeltet spiller en meget væsentlig rolle for Jordens omgivelser bl.a. gennem beskyttelse mod højenergetiske partikler fra solen og fra universet. Teknologisk har ØRSTED markeret sig som banebrydende inden for konstruktion af små satellitter. De danske teknologiske koncepter har demonstreret, at små, dedikerede satellitter kan levere data af stor videnskabelig værdi, og de har dannet basis for fortsat udvikling på de tekniske universiteter og i dansk industri. Undervisningsmæssigt har aktiviteterne omkring små satellitter resulteret i stor søgning på kurserne på Danmarks Tekniske Universitet og på Aalborg Universitet. Fællesskabet om ØRSTED satellitten og de efterfølgende projekter har haft en meget høj profil, hvilket også har resulteret i en stor interesse blandt unge i gymnasierne og folkeskolen. Det har dermed været med til at modvirke den dalende interesse for de naturvidenskabelige uddannelser, som er en væsentlig forhindring for at Danmark kan fastholde og udvikle sin position som et højteknologisk og viden-baseret samfund.

Udvikling af små satellitter i Danmark begyndte i 1992 med ØRSTED projektet, og kulminerede med en vellykket opsendelse den 23. februar 1999. Efterfølgende har ØRSTED leveret verdens hidtil bedste målinger af Jordens magnetfelt, som har givet meget væsentlige resultater til en bred kreds af internationale forskergrupper. Blandt andet er den internationale geo-magnetiske referencemodel baseret på målingerne fra ØRSTED i dens første leveår.

De nye magnetiske måleinstrumenter og stjernekameraet til meget nøjagtig retningsbestemmelse i rummet har givet Danmarks Tekniske Universitet en førerstilling indenfor disse områder, således at DTU Space nu er med i adskillige andre internationale satellitprojekter. Desuden har Aalborg Universitet udviklet ekspertise i autonome styre systemer. Konstruktionen af ØRSTED's markante bom til instrumenterne, anvendelsen af nye komponenttyper i de elektroniske moduler og udvikling af softwaresystemer til styring af satellitten har alle medvirket til at forøge konkurrenceevnen i dansk industri.

Men først og fremmest har ØRSTED projektet skabt et nyt miljø for intensivt tværgående samarbejde mellem alle de deltagende parter uden sidestykke i Danmark. Danmark har med ØRSTED markeret sig som det eneste af de mindre lande i Den Europæiske Rumorganisation ESA foruden Sverige, der har fuldført udviklingen af en hel mission med en lille satellit, hvis primære formål har været at opnå videnskabelige resultater. Resultaterne har været så gode, at Danmark nu er centralt placeret i den internationale forskning om jordens magnetfelt og dets indflydelse på elektromagnetiske fænomener i Jordens omgivelser.

I det hele taget har ØRSTED-projektet skabt en meget stor offentlig bevågenhed og interesse. Alene i perioden fra oktober 1998 til april 1999 blev ØRSTED genstand for 850 registrerede omtaler i de danske skrevne medier, hvortil kommer mange indslag i TV og i radio. Interessen fra gymnasierne og folkeskolerne har været overvældende og en del undervisningsmateriale om projekterne er allerede udfærdiget - også internetbaseret.

På Forskningsministeriets populærvidenskabelige hjemmeside www.rummet.dk, oplevede man bl.a., at mere end 250.000 sider blev nedtaget i perioden omkring ØRSTED's opsendelse. I årevis strømmede det ind med spørgsmål fra skole-elever om projektet. Virksomheder og forskningsinstitutioner fra ØRSTED-projektet beretter om markant stigende antal henvendelser fra skoleelever, der ønskede at skrive opgaver, bestille foredrag eller interviewe forskere og ingeniører.

Ørsted-satellitten er i offentligheden blevet et kendt flagskib inden for dansk teknologi og forskning og dette har medvirket til at styrke interessen for naturvidenskabelige uddannelser blandt unge studerende. ØRSTED blev også af Ingeniørforeningens medlemmer udvalgt som nr.4 af århundredets største danske ingeniørmæssige bedrifter.

De positive resultater i ØRSTED motiverede i 1998 opbygningen af et fireårigt Dansk SmåSatellit Program med en samlet bevilling på 50 MDkr, Og indenfor rammerne af dette program er der etableret en fortsættelse af ØRSTED missionen gennem bygning af en ny udgave - ØRSTED-2 - af instrumentpakken, som blev leveret til den argentinsk-amerikanske mission SAC-C. Denne satellit blev sendt op i november 2000. Sammen med den tyske satellit CHAMP, som også bærer en videreudviklet dansk instrumentpakke, er der dermed skabt den enestående situation, at tre satellitter nu giver samtidige målinger af jordens magnetfelt og dets variationer baseret på instrumenter udviklet og fremstillet i Danmark. Forslaget til SWARM satellitkonstellationen blev også udarbejdet i regi af småsatellitprogrammet og er således direkte nedarvet fra Ørsted.

Ud over at varetage den teknologiske forskning har de tekniske universiteter i de første par år efter Ørsted blev sendt op periode uddannet ca. 40 ingeniører med specialer i konstruktion og styring af små satellitter, og yderligere ca. 20 studerende har afsluttet deres uddannelse med en PhD grad med udgangspunkt i ØRSTED. Dette har dannet grundlaget for at udvikle nye kurser i konstruktion af satellitter, som har tiltrukket flere hundrede studerende i København, Aalborg og Århus. Et flagskib som unge kan identificere fysik og ingeniørkunst med. Et teknologisk projekt som har skabt stolthed over dansk kunnen. Dette har medvirket til at styrke interessen for naturvidenskab blandt unge.

ØRSTED har desuden medvirket til at bringe de danske industrideltagere ind i den snævre kreds af virksomheder i Europa, som har kapacitet til at definere, designe og gennemføre et helt satellitprojekt. ØRSTED projektet har således også været med til at hæve industriens profil indenfor samarbejdet i den Europæiske Rumorganisation ESA og andre rumagenturer.

Projekter som Ørstedsatellitten medvirker derfor til:

- at give teknik og naturvidenskab et bedre image og fokus blandt ungdommen
- at give de studerende klare tværfaglige og pædagogiske udfordringer med synligt og målbart resultat
- at samarbejde på tværs af universiteter/ industri til fælles gavn
- at opfylde industriens behov for kandidater med en bred teknisk viden og holdning til deres arbejde
- at hæve industriens kompetence og dermed øge konkurrenceevnen.
- og ikke mindst at skabe opmærksomhed blandt skole- og gymnasieungdom og dermed bidrage til rekrutteringen til de tekniske og naturvidenskabelige uddannelser.

København den 18.2.2009 Per Lundahl Thomsen, DTU Space

2.3. Ørsted og dansk rumpolitik (Jubilæumskronik i "*Ingeniøren*") (af Peter Stauning, Danmarks Meteorologiske Institut.)

Den 23. februar i år fejres Ørstedsatellittens 10 år i rummet. Satellitten er stadig aktiv trods skrammer fra mange solstorme og fra den hårde stråling i Jordens strålingsbælter. Ørstedprojektets største landvindinger kan sammenfattes således:

- Ørsteds præcise magnetiske målinger har leveret basis for Internationale Geomagnetiske Referencefeltmodeller, som anvendes såvel til udvikling af modeller for den selvvirkende magnetiske dynamomekanisme i Jordens indre som til kortlægning af geomagnetiske anomalier i jordskorpen.
- Ørstedsatellittens magnetiske målinger er anvendt ved kortlægning af strømsystemer i rummet og i studier af solvindens kobling med Jordens øvre atmosfære.
- Ørsteds målinger af den energirige partikelstråling har bidraget til modeller for Jordens strålingsbælter og har givet ny viden om strålings-problemer for computere på satellitter.
- Målinger med Ørsteds GPS-instrumentering har bidraget til udvikling af GPS-baserede atmosfære-sonderinger for meteorologiske og klimatologiske anvendelser.
- Med basis i Ørsteds målinger er der udgivet over 300 videnskabelige, tekniske og andre faglige publikationer og proceedings-artikler i internationale tidsskrifter.

Helt berettiget blev Ørstedsatellitten kåret af Ingeniørforeningen til en ærefuld 4. plads i konkurrencen om "Det 20. århundredes største danske tekniske bedrift" (efter Valdemar Paulsens radiosender, Storebæltforbindelsen og den Transiranske jernbane), og dens forskningsmæssige resultater er enestående. Men satellitprojektet er også en organisatorisk bedrift. Det lykkedes at tilvejebringe et tæt samarbejde om et stort rumprojekt mellem danske universiteter og andre offentlige institutioner og et antal private virksomheder samt en række internationale organisationer og institutioner, herunder de store rumforskningsorganisationer NASA, ESA, CNES og DLR samt mere end 40 universiteter og forskningsinstitutioner verden over.

Rumforskningen i Danmark startede i 1960 med dansk deltagelse i norske raketmålinger. Siden blev det til dansk indsats i mange raketforsøg, bl.a. fra Grønland, men også til deltagelse i internationale satellitekspirer, først ESRO-1, der blev opsendt i 1967, og siden levering af instrumentering eller behandling af data ved en lang række satellitmissioner.

Men i begyndelsen af 1990'erne var dansk rumforskning ved at ende i en dødsspiral. Dansk Rumforskningsinstitut (DSRI) havde i midten af 1980'erne påtaget sig en væsentlig rolle i et stort anlagt rumeksperiment for udforskning af den kosmiske røntgen- og gammastråling (Spectrum-Roentgen-Gamma) med instrumenter på en sovjetisk satellitplatform. Da Sovjetunionen brød sammen i 1990-91, forsvandt hele basis for eksperimentet, men DSRI fastholdt projektet. Først med ny ledelse af Rumforskningsinstituttet i 1997 blev SRG projektet endeligt opgivet efter at have kostet omtrent det samme som to Ørstedsatellitter.

I 1991 fandt en gruppe forskere sammen udenfor DSRI's regi for at formulere et alternativt dansk satellitprojekt baseret på den forfinede magnetometer teknologi udviklet ved DMI og DTU gennem mange dekader og med baggrund i mange videnskabelige aktiviteter på området. Da industrien samtidigt var interesseret i samarbejde med forskerne for i fællesskab at fremme den teknologiske udvikling gennem rumforskningsopgaver, var der skabt en bæredygtig basis for investeringerne i Ørstedsatellitten. Det skal nævnes, at 2/3 af udgifterne til Ørstedprojektet kommer fra Erhvervsministeriet, erhvervsrelaterede fonde og virksomhedernes egenfinansiering.

Succes'en med Ørstedes fine måleinstrumenter (især magnetometer og stjerne-kamera) blev umiddelbart fulgt op med levering af en tilsvarende instrumentpakke (også kaldet Ørsted-2) til en argentinsk satellit, SAC-C, og instrumenter til den tyske CHAMP satellit. Nu var det danske småsatellitprogram i rivende udvikling. Der blev indkaldt forslag til Danmarks næste nationale satellitmission. Blandt 8 forslag valgtes i 1999 Rømer satellitprojektet, som med "MONS" (Measuring Oscillations in Nearby Stars) eksperimentet skulle måle små svingninger i lysudsendelsen fra nogle af de nærmeste stjerner for at undersøge deres indre struktur og dynamik. Men de tekniske og økonomiske krav var for høje, og da et tilsvarende fransk satellitprojekt, COROT, var under opbygning, blev projektet opgivet i 2002. Og så døde det danske småsatellitprogram, mens COROT nu udfører målinger, som også de danske forskere bag Rømer anvender.

Ørsted og CHAMP missionernes succes gav høj international prestige, og med chancen for en "Earth Explorer" mission i ESA's "Living Planet Programme" valgtes man fra dansk side at satse på videreførelse af Ørstedes målinger. Det blev projektet "Swarm", som omfatter 3 ESA satellitter for yderligere forbedring af nøjagtigheden og opløsningen i de magnetiske målinger. De tre satellitter opsendes i 2010 udstyret med danskbyggede instrumenter (som Ørstedes) og med dansk videnskabelig ledelse.

Det hører med til billedet, at indsatsen i Rummet har en væsentlig erhvervsmæssig side. Danske virksomheder har således i de seneste 10 år haft kontrakter på over 4 mia kr for levering af instrumenter og andre ydelser i forbindelse med internationale rumprogrammer. En nylig evaluering viser en høj nyttevirkning af investeringerne i rumforskning. Hver krone investeret i rumforskning i ESA giver et udbytte på over 4 kr. i form af kontrakter til dansk industri. Hertil kommer den teknologiske udvikling i virksomhederne og udbygning af kompetencer til de krævende opgaver.

Det er klart, at dygtige danske forskere kan tage del i de store internationale rumprojekter. Ligeledes er der mange instrumenteringsmæssige opgaver at løse for danske rumforskningsinstitutioner og erhvervsvirksomheder f.eks. i ESA missioner. Men Ørstedprojektet ramte plet med en kombination af de tre vitale faktorer: et originalt og velmotive-ret forskningsprojekt fra en kompetent gruppe, instrumenteringsmæssig dygtighed og ikke mindst erhvervslivets interesse og opbakning. Det er nok også i fremtiden betingelserne for nye danske satelliteventyr. Men så skal man fra politisk hold og i forskningsstyrelserne støtte det lange seje træk, der er nødvendigt for at udvikle og fastholde international kompetence på udvalgte rumforskningsområder. Og forskerne skal acceptere et vidtgående samarbejde med erhvervslivet.

København den 5.2.2009 Peter Stauning, DMI

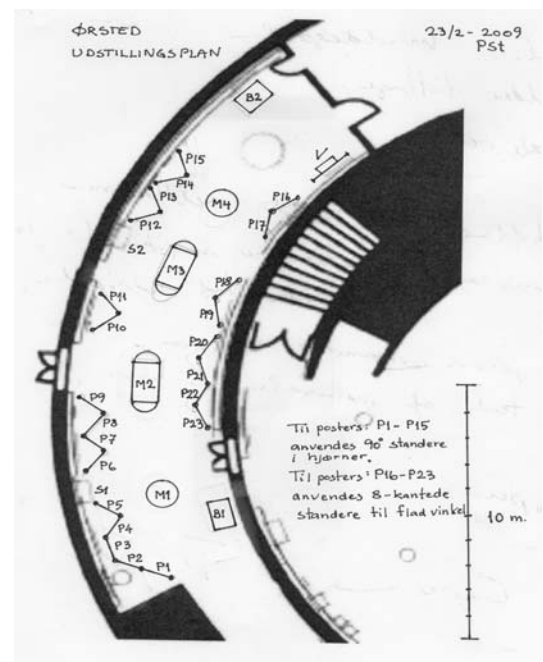
3. Ørsted udstilling. Udstillingsplan og fotos.



Udstillingen omfattede 10 instrumentenheder og 20 posters, heraf 14 fra DMI, 4 fra DTU Space og 2 fra Terma. Desuden havde Terma leveret 4 indrammede billeder, og DTU Space havde opstillet et display til PowerPoint og video præsentationer på en 42" plasmaskærm styret af Planetariets PC.

Ovenstående foto og planen til højre viser opstillingen i Planetariets buegang.

Instrumenterne var opstillet i 3 solide montere fra Planetariet, mens posterne var opstillet i Porsa posterstandere udlånt af DMI. DTU Space, Terma og senest DMI havde tillige opstillet logo-standere.



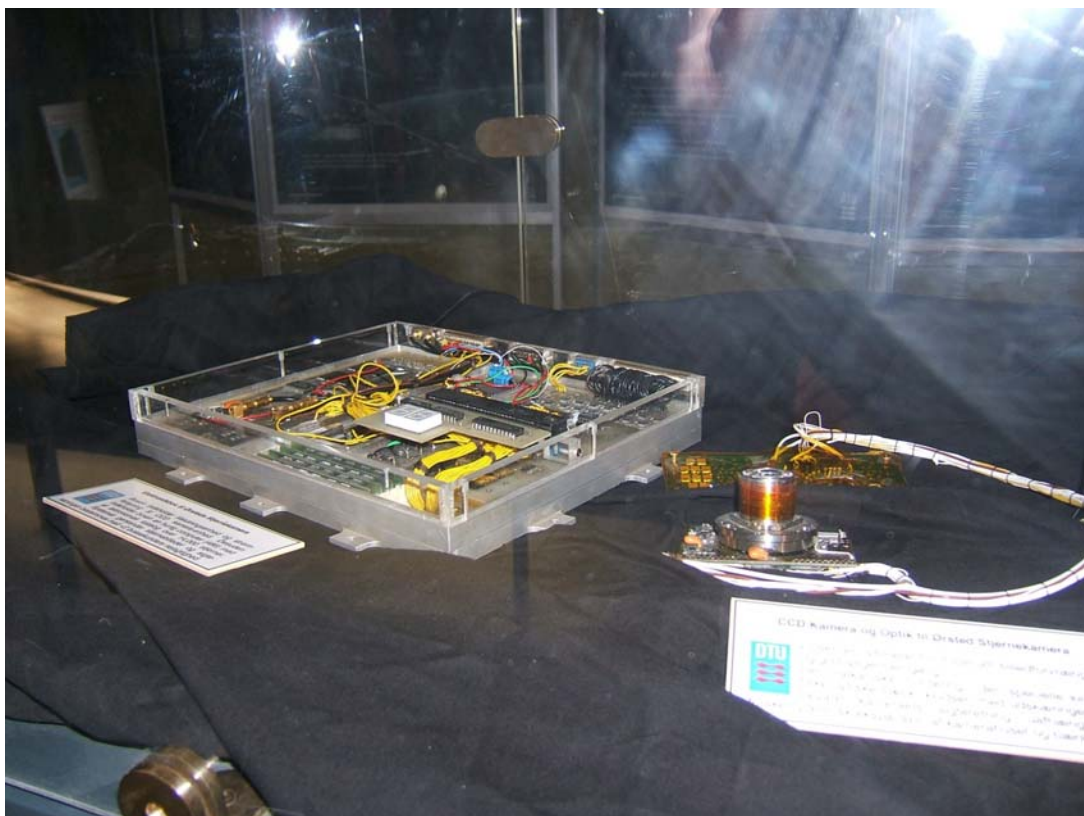
3.1. Udstillingsmontre med CPD instrument, PCU og CDH computer



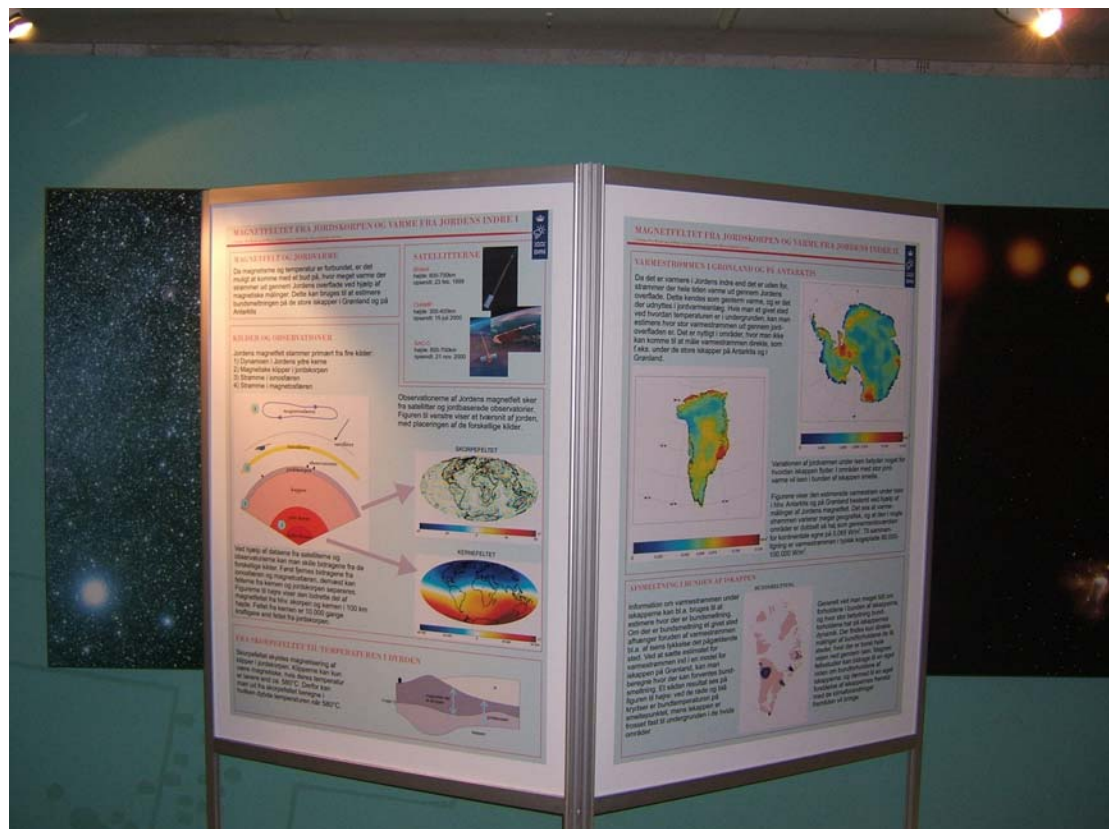
3.2. Udstillingsmontre med CSC magnetometer sensor i gondol



3.3. Udstillingsmontre med stjernekamera sensor og elektronikbox



Fotos af posterstandere



Fotos af posterstandere



4. Ørsted Instrumenter.

Denne sektion gennemgår og viser fotos af de test- eller reserveenheder, der er bygget som led i fremstillingen af Ørstedsatellitten, og som forefindes ved de virksomheder eller institutioner, der har medvirket.

I nedenstående liste er der anført hvor enhederne er fremstillet, og tillige hvor de findes mere eller mindre permanent udstillet eller opbevaret pr. 1.4.2009. Desuden er anført en kontaktperson, der kan assistere med at finde enhederne frem ved eventuelle fremtidige udstillinger mv. Det drejer sig om følgende:

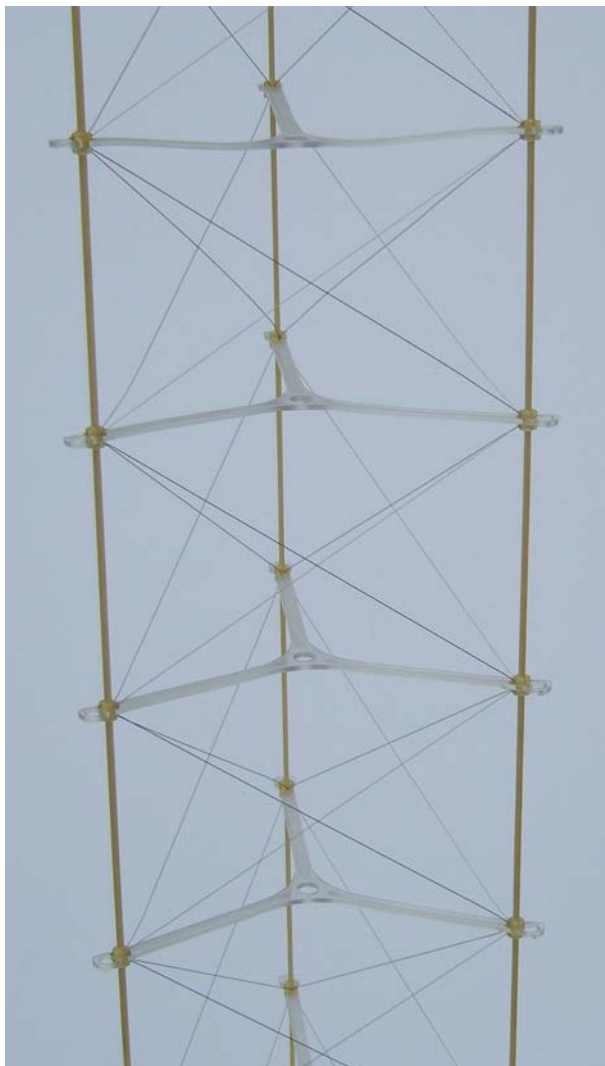
- 1 m. demonstrationsudgave af Ørsteds 6 + 2 m. sammenrullelige mast.
Fremstillet af Per Udsen Co. Udstillet i montre på DMI
Kontaktperson: Peter Stauning (pst@dmi.dk)
- Ørsted Power Control Unit (PCU)
Fremstillet af Terma, Lystrup. Opbevaret ved Terma, Lystrup
Kontaktperson: Kasper Rasmussen (kar@terma.com)
- Battery package med Ni-Cd elementer
Fremstillet af Terma, Lystrup. Opbevaret ved Terma, Lystrup
Kontaktperson: Kasper Rasmussen (kar@terma.com)
- Control and Data Handling (CDH) computer (# 01)
Fremstillet af Terma, Lystrup. Opbevaret ved Terma, Lystrup
Kontaktperson: Kasper Rasmussen (kar@terma.com)
- Control and Data Handling (CDH) computer (# 03)
Fremstillet af Terma, Lystrup. Udstillet i montre ved DMI
Kontaktperson: Peter Stauning (pst@dmi.dk)
- CSC magnetometer monteret på optisk bænk i acryl-demonstrationsgondol
Fremstillet af Ørsted DTU. Opbevaret ved Ørsted DTU (nu DTU Space)
Kontaktperson: Fritz Primdahl (fpr@space.dtu.dk)
- CSC elektronik box
Fremstillet af Ørsted DTU. Opbevaret ved Ørsted DTU (nu DTU Space)
Kontaktperson: Fritz Primdahl (fpr@space.dtu.dk)
- Star Imager (SI) med printkort
Fremstillet af Ørsted DTU. Opbevaret ved Ørsted DTU (nu DTU Space)
Kontaktperson: John Leif Jørgensen (jlj@space.dtu.dk)
- Star Imager elektronik box
Fremstillet af Ørsted DTU. Opbevaret ved Ørsted DTU (nu DTU Space)
Kontaktperson: John Leif Jørgensen (jlj@space.dtu.dk)
- Charged Particle Detector (CPD) instrument
Fremstillet af DMI. Udstillet i montre på DMI.
Kontaktperson: Peter Stauning (pst@dmi.dk)

4.1. Demo-sektion af Ørsted mast.

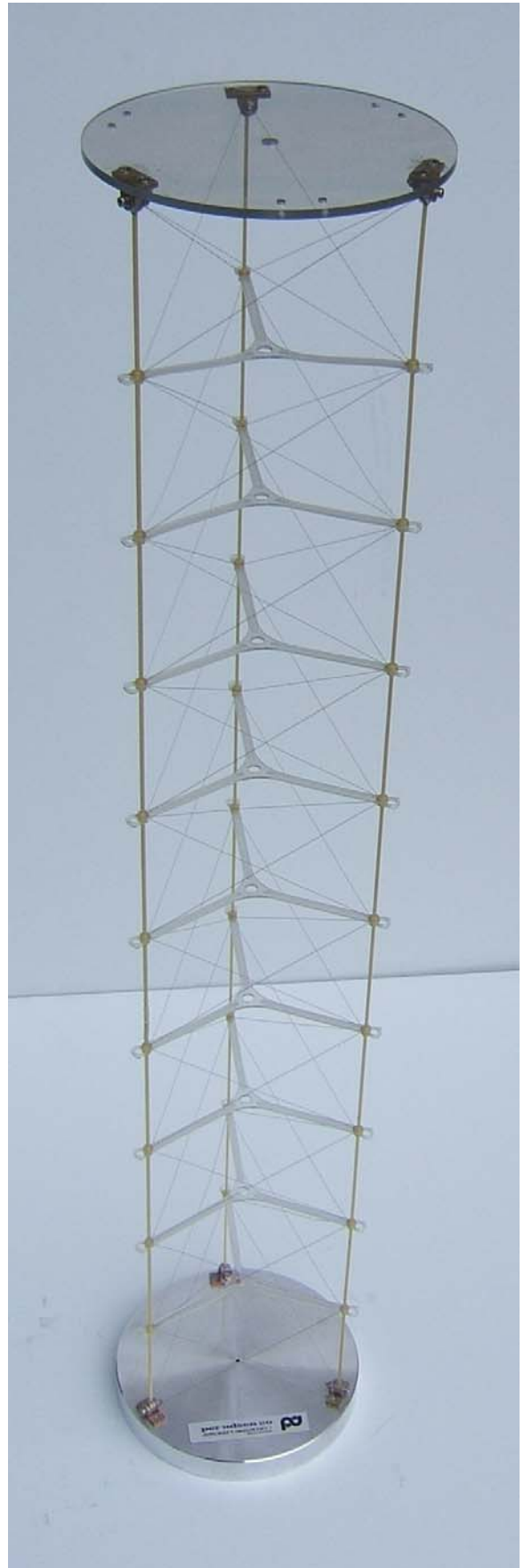
Sammenrullet 6 m. mast



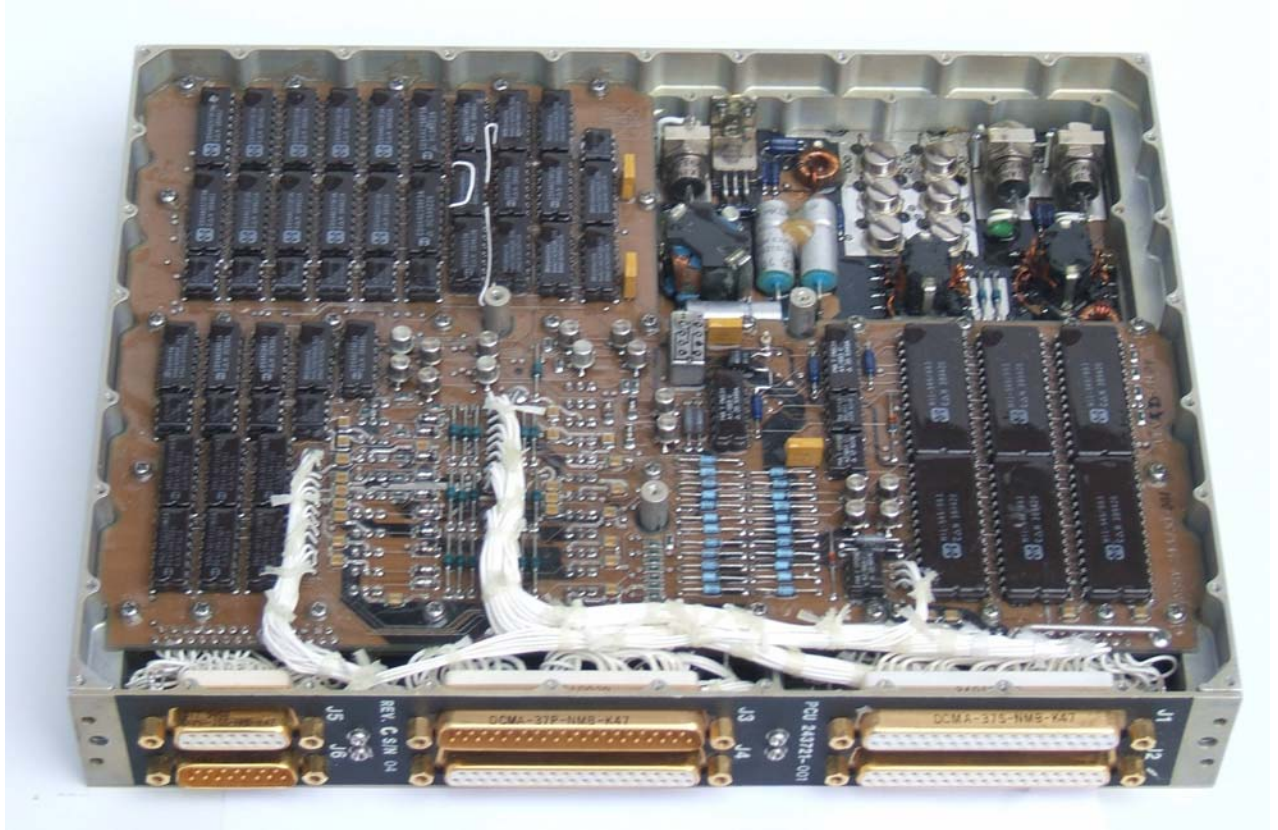
Nærbillede af mast (uden kabler)



1-m. mastestvkke



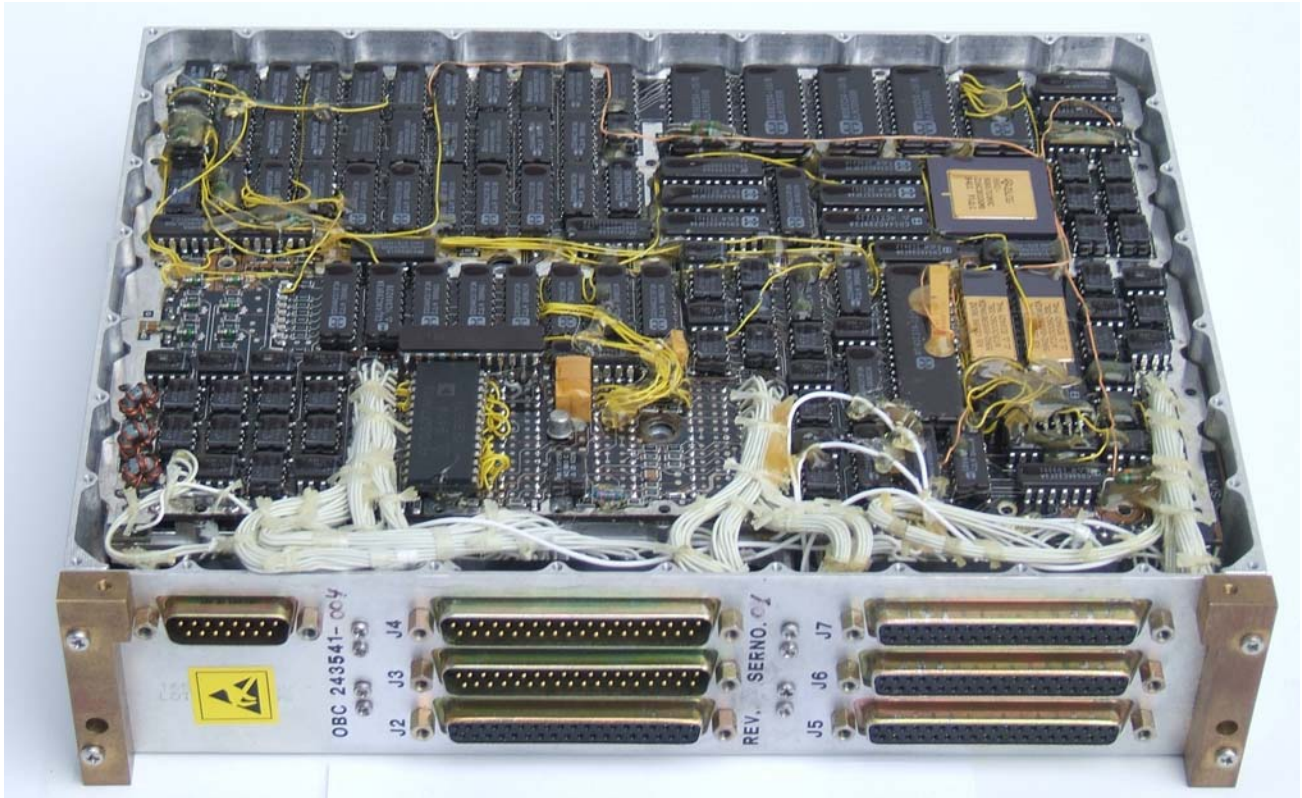
4.2. Ørsted Power Control Unit (PCU) 249721-001



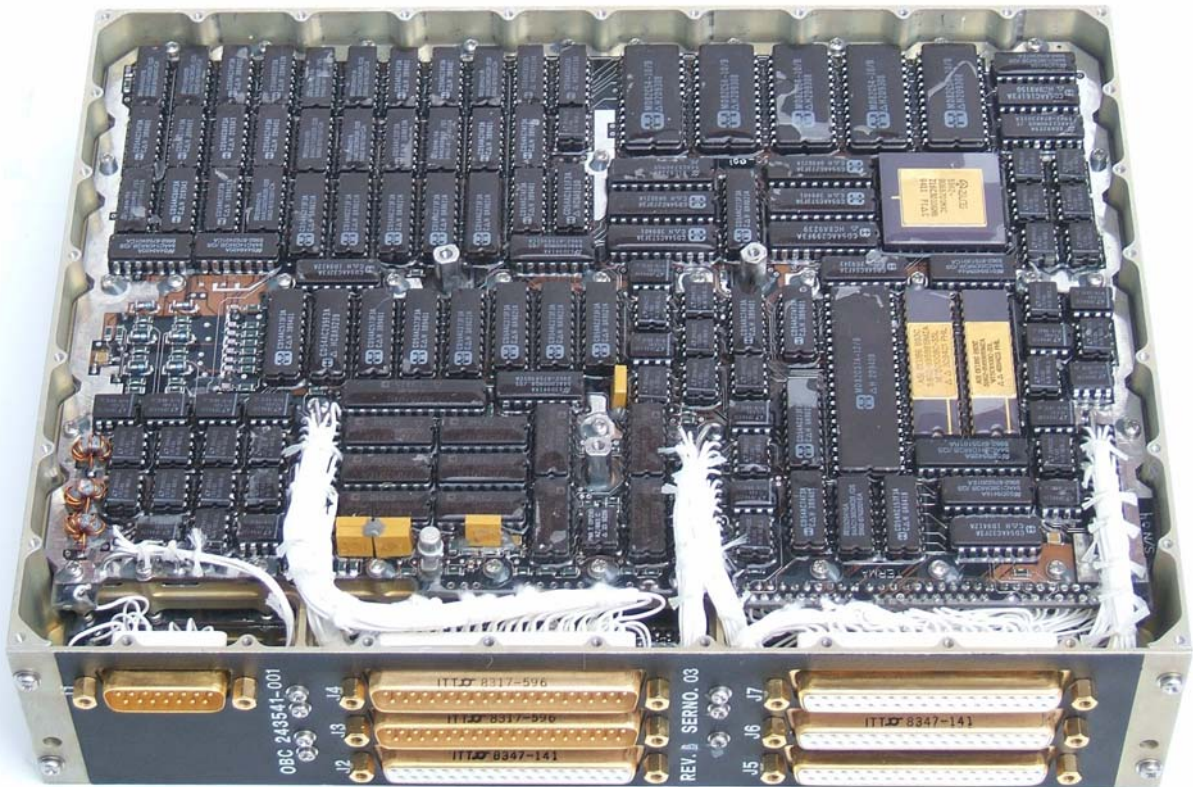
4.3. Batteripakke med Ni-Cd elementer



4.4. Control and Data Handling (CDH) Computer (OBC 243541-004 ser.01)



4.5. Control and Data Handling Computer (OBC 243541-001 ser.03)



4.6. Compact Spherical Coil (CSC) magnetometer.

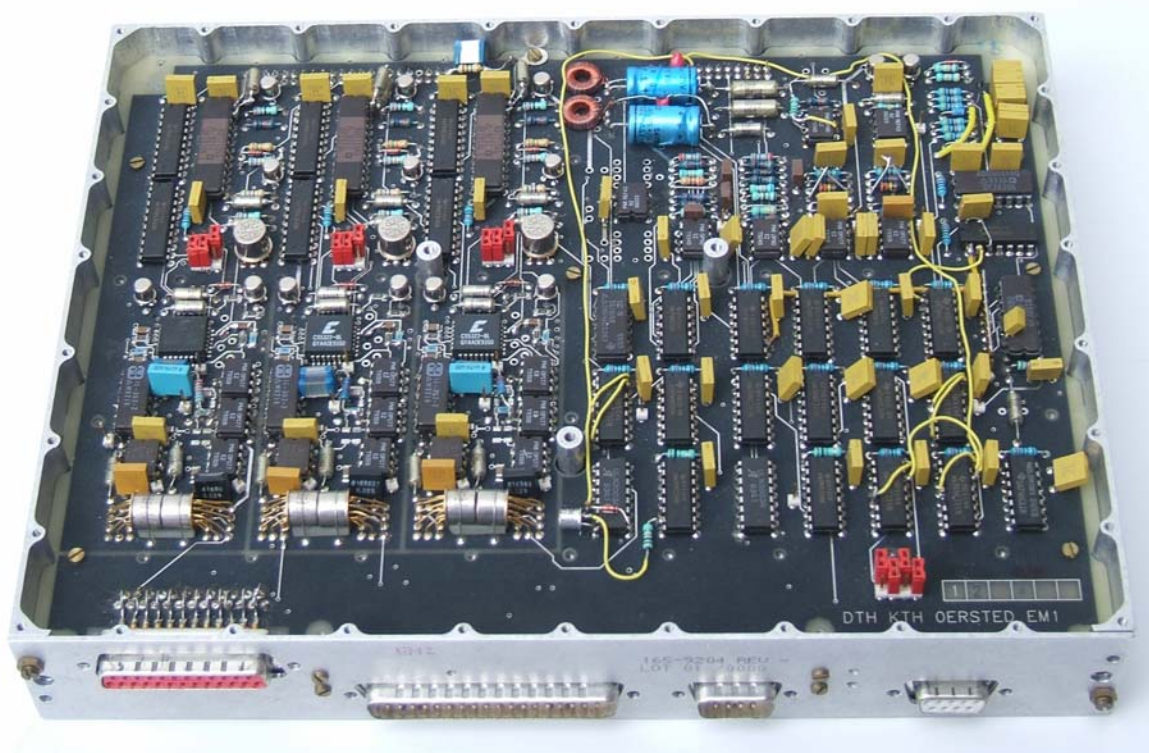
CSC sensor



CSC sensor i gondol

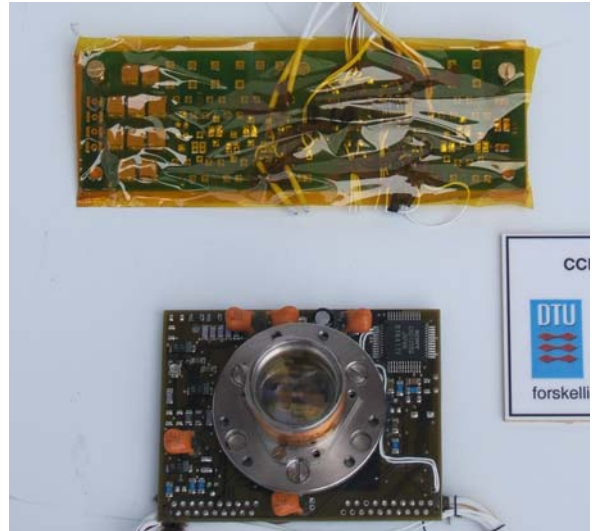
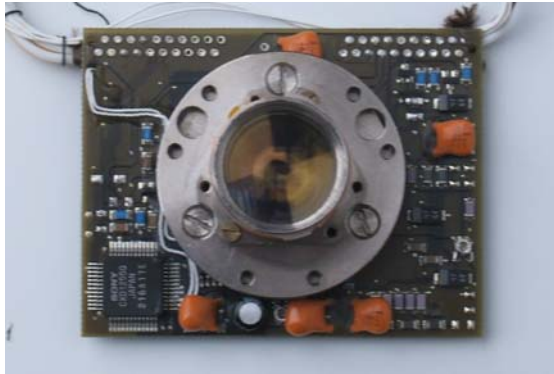


CSC magnetometer elektronikbox



4.7. Star Imager (SI)

Star Imager sensor



Star Imager elektronikbox



4.8. Charged Particle Detector (CPD) instrument (Spare Flight Unit)



5. Posters "Fra Ørsted til Swarm"

I denne sektion gengives posters leveret fra hhv. DMI, DTU Space og Terma til udstillingen. Desuden anføres forfatternavn(e) for hver gruppe af posters.

DMI Posters (Peter Stauning, DMI)

- 5.1. Ørsted 10 år i Rummet. Grafik: Jan Erik Rasmussen, DTU Space.
- 5.2. "Vi (ingeniører) konstruerede Ørstedsatellitten". Foto fra Midterm Review.
- 5.3. "...og jeg (H. C. Ørsted) lagde navn til jeres lille satellit"
- 5.4. "...ja, men det var nu os (mekanikere og teknikere), der byggede satellitten"
- 5.5. Ørstedsatellittens fantastiske mast.
- 5.6. Ørsteds Instrumentering.
- 5.7. Ørstedsatellitten opsendt den 23.2.1999 kl. 11:29:55. Forberedelser og opsendelse.
- 5.8. Ørstedsatellitten i 10 år. Indsatsområder og eksempler på resultater.
- 5.9. Ørsteds resultater gennem 10 år. Kortlægning af Jordens evigt foranderlige magnetfelt
- 5.10. Ørsted måler elektriske strømme i Rummet
- 5.11. Ørsteds CPD instrument måler strålingen i Rummet (a. instrumentering)
- 5.12. Ørsteds CPD instrument måler strålingen i Rummet (b. strålingskilder)

DMI Posters (Cathrine Fox Maule og Gudfinna Adalgeirsdottir, DMI)

- 5.13. Magnetfeltet fra jordskorpen og varme fra Jordens indre. I
- 5.14. Magnetfeltet fra jordskorpen og varme fra Jordens indre. II

DMI Posters (F. Rubek, H. Gleisner, K. B. Lauritsen, S. Syndergaard, M. B. Sørensen, DMI)

- 5.15. Klimaundersøgelser med GPS målinger

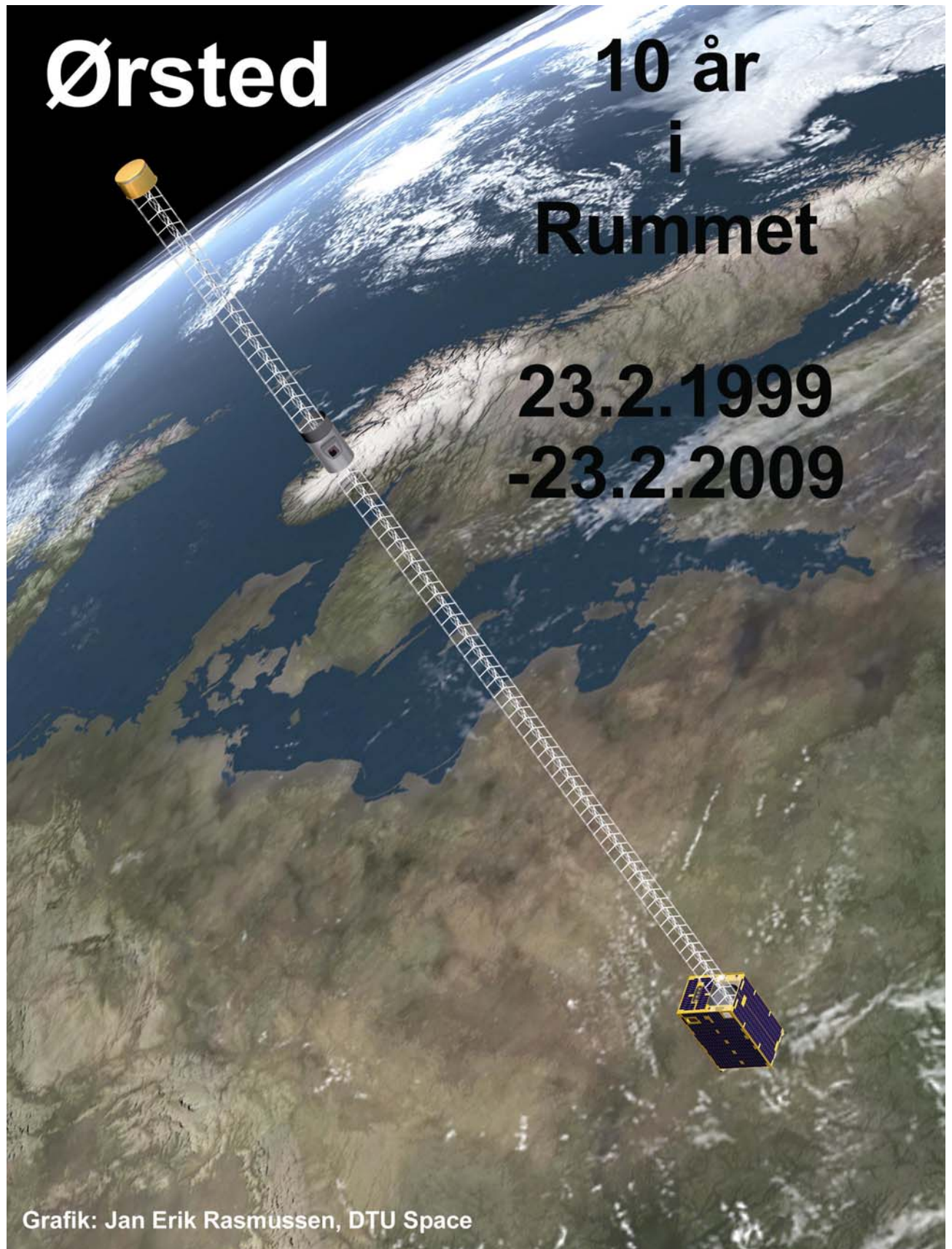
DTU Space Posters (Per Lundahl Thomsen, DTU Space)

- 5.16. Magnetfeltet. Hvorfor er det så spændende?
- 5.17. Efter Ørsted – Swarm. Satellitterne.
- 5.18. Efter Ørsted – Swarm. Hvorfor skal vi blive ved med at måle ?
- 5.19. Efter Ørsted – ASIM. Danmarks næste store nationale rumprojekt.

Terma Posters (Carsten Jørgensen, Terma A/S)

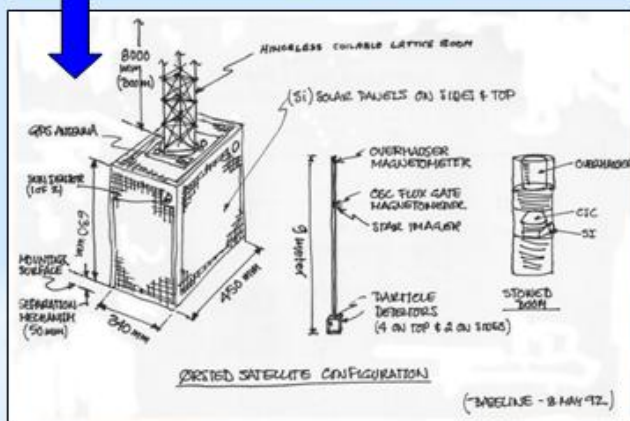
- 5.20. Microsatellite projects
- 5.21. Experience in Space
- 5.22. Terma satellitprojekter

Poster #1.



Poster #2.

Vi konstruerede Danmarks første satellit



Ørsted Team

Midterm Review

Møde på CRI 16. Juni 1992.

No.	Navn	Institution (95)
1	W. Ray Baron	CRI
2	Per L. Tomsen	CRI
3	Benny Ingvaldsen	Tema
4	Peter Stalling	DMI
5	Flemming Haaen	CRI
6	Kim Leschly	CRI
7	Egil Friis-Christensen	DMI
8	Fritz Primdahl	AEP
10	D. Christensen	IHK
11	Mikael Espersen	CRI
13	Frede Aastrup	Tema
15	Niels Kirkeby	Tema
18	Kristian Damgaard	DMI
20	Peter Scott Beitzel	IKT
21	Søren Uldal	CRI
22	Flemming Krogh	IHK
23	Kirk Traylor	USA
24	Henrik Ditlev Simonsen	
25	Lars Selj Christensen	Tema
28	Thomas Bak	AU
29	Henrik Hammer Pedersen	AUC
30	Gert Caspersen	CRI
31	Christian Christensen	AUC
32	Flora Sommer Pedersen	CRI
33	Carsten Jørgensen	CRI
34	Ryszard Nowicki	AUC
36	Henrik Steen Larsen	PUC
37	Per Kromann	AUC
38	Dezso Bo Halse	CRI
40	Otto Nielsen	AEP
41	Niels Lind	DSRI
43	Kim Solbakkt Larsen	
44	Gorm Groot Nielsen	AEP
46	Søren Petersen	Akademi
48	Jens Petersen	AEP
49	Søren Abildskov Bøge	AU
50	Peter Dauksø	DMI
51	Mogens Blang	AUC
52	D. Larsen	AEP

Poster #3.

..... og jeg lagde navn til jeres lille satellit



Bemærk magnetnålen

Hans Christian Ørsted (1777-1851)



H. C. Ørsteds banebrydende opdagelse af den elektromagnetiske effekt i 1820:
Magnetnålen slår ud, når der går strøm i ledningen.

Poster #4.

... men det var nu os, der byggede satellitten



Ørstedssatellitten blev foreslået af en gruppe entusiastiske forskere, anbefalet af videnskabskomitéer, økonomisk støttet af ministerier og forskningsfonde, konstrueret af et team af dygtige ingeniører og hjulpet af internationale rumforsknings-organisationer.

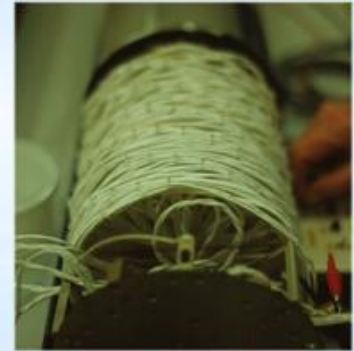
Men yderligere en gruppe personer har haft en vigtig rolle i Ørstedprojektet. Det omhyggelige arbejde leveret af dygtige maskinarbejdere og andre faggrupper har været en afgørende faktor for Ørstedssatellitens succes.

Fotografiet viser to mekanikere, Flemming Nørgaard og Carsten Morten Brøgger, fra Terma Industries A/S i Grenaa. Her blev omkring 90% af Ørstedes mekaniske systemer bygget, herunder satellitkroppen, eksperiment bokse, og den fantastiske 8 meter lange sammenrullelige mast

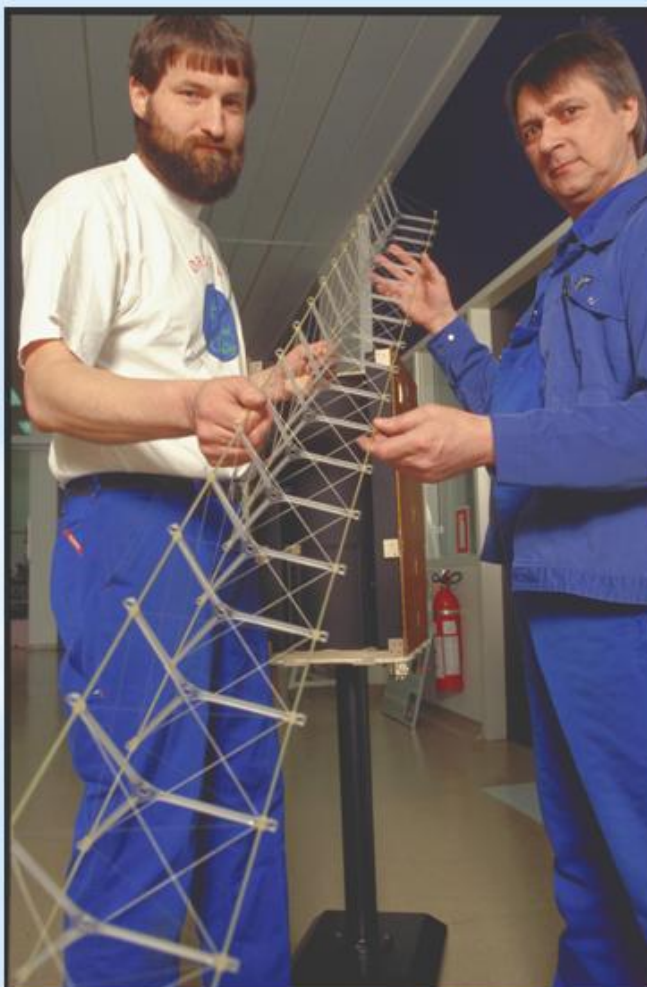
Disse illustrationer er en anerkendelse af det omhyggelige præcisionsarbejde, som kompetente maskinarbejdere og medarbejdere fra mange andre faggrupper har lagt i Ørstedprojektet.

Poster #5.

Ørstedssatellitens fantastiske mast (6 + 2 m.)



Foroven: Nederste stykke 6m mast i sammenrullet stand.
Til venstre: Ørsted til test på IAGB med udstrakt mast



Masten er bygget af tre tynde glasfiberstænger med afstandsstykker imellem. Konstruktionen holdes sammen af tynde ståltråde, der løber i zig-zag op langs glasfiberstængerne.

Masten kan foldes sammen som en rulle tovværk til en total højde på kun 26 cm og er utrolig let med en egenvægt på kun ca. 25 g/m. Herover er vist en 1m sektion af masten, hvor man kan se dens fleksibilitet.

Til venstre: maskinarbejder Flemming Nørgaard og Carsten Morten Brøgger, der arbejdede sammen med ingeniør Hans Tommerup på Terma Industries Grenaa AS på bygningen af masten og mange andre mekaniske systemer til Ørsted.

Poster #6.

Ørsted's Instrumentering

Ørstedssatellitten er udstyret med 5 videnskabelige instrumenter



1. Overhauser Magnetometer



2. CSC Magnetometer



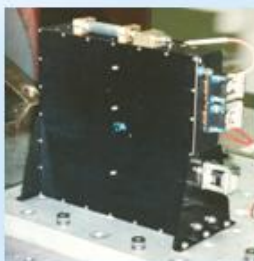
3. Stjernecamera



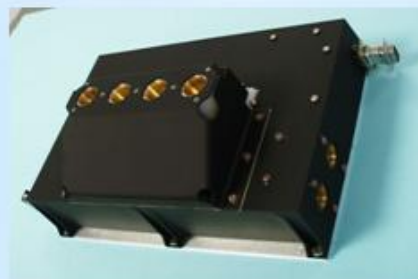
Gondol (2+3)



5. TurboRogue GPS



4. CPD detektor



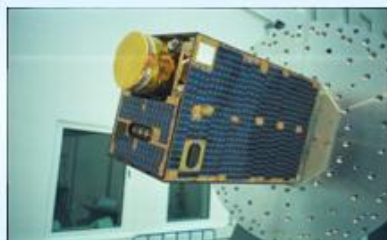
Poster #7.

Ørstedssatellitten opsendt den 23.2.1999 kl. 11:29:55

Danmarks første satellit måtte gennem 11 opsendelsesforsøg



Hvor skal den ledning nu hen i Ørstedes "indmad" ?



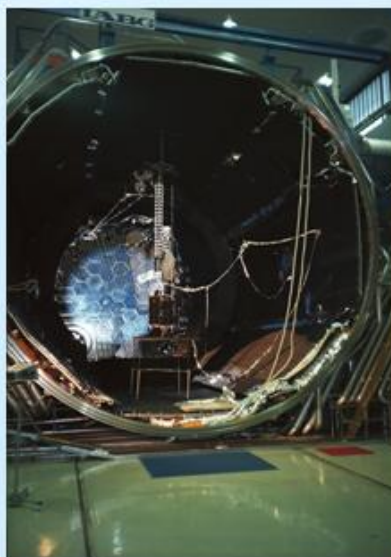
Ørsted til nytestet på IABG
lystettest



Dronning Margrethes egenhændige signatur



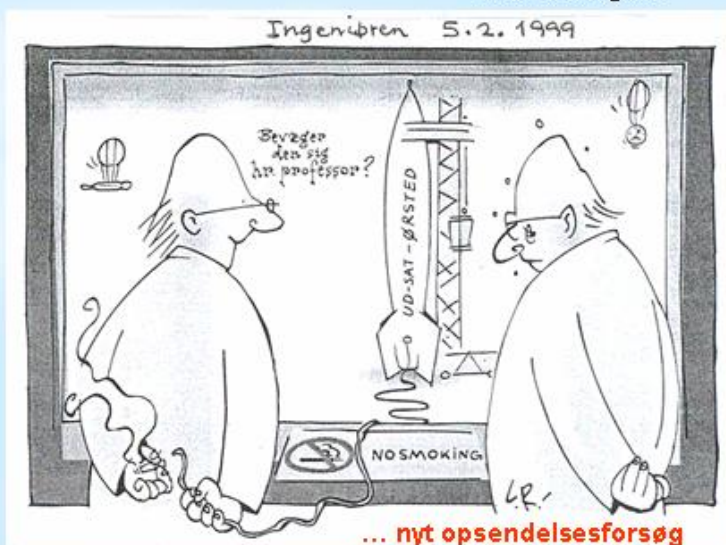
Partikel eksperimentet til test i NASA's høj-energi accelerator



Ørsted i testkammer for afprøvning i lufttomt rum med kunstig sol



Ørsted (til venstre) på Delta rakettoppen



Ørsted venter på opsendelse i 11'te forsøg (som lykkedes)

Ja, og vi venter på signal og nogle data !!!



Poster #8.



Ørsted Satellitten i 10 år

Indsatsområder og eksempler på resultater

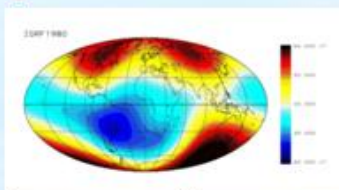


Geomagnetiske Referencefeltmodeller

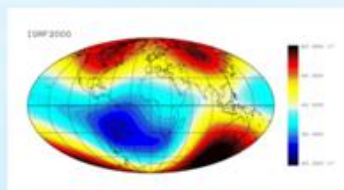
$$V = a \left\{ \sum_{n=1}^{18} \sum_{m=0}^n (g_n^m \cos m\phi + h_n^m \sin m\phi) \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} P_n^m(\cos\theta) + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n (g_n^m \cos m\phi + h_n^m \sin m\phi) \left(\frac{a}{a_0}\right)^n P_n^m(\cos\theta) + \text{Dist} \cdot \left[\left(\frac{a}{a_0}\right) + Q_1 \left(\frac{a}{a_0}\right)^2 \right] \cdot \left[g_1^0 P_1^0(\cos\theta) + (g_1^1 \cos\phi + h_1^1 \sin\phi) P_1^1(\cos\theta) \right] \right\}$$

Model name	Expansion order in field	Expansion of radial coordinate	Expansion of potential	Reference
IGRF2000	11	7	6	100 Int. Geophys. Y. Rep., 2000, IAGG-IGWIG, Czech, Slovak and Spain, 25, 175-186, 2000.
Ørsted-IGRF Model I (OFM)	16	7	6	100 Int. Geophys. Y. Rep., 2001, No. 22, p. 3607-3610, Mar. 15, 2000.
Ørsted-IGRF Model II (OIM)	26	7	6	100 Int. Geophys. Y. Rep., 2001, No. 22, p. 3607-3610, Mar. 15, 2000.
Ørsted-IGRF Model III (OIM-Overland CO2 Model)	26	11	2	100 Int. Geophys. Y. Rep., 2001, No. 22, p. 3607-3610, Mar. 15, 2000.
Core-Reference Model (CRM) --2	60	11	2	100 Int. Geophys. Y. Rep., 2001, No. 22, p. 3607-3610, Mar. 15, 2000.

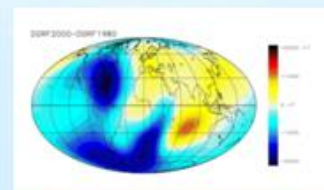
Magnetfeltets tidsvariationer



Styrken af Jordens magnetfelt ved model fra 1980 er vist med farvekode.

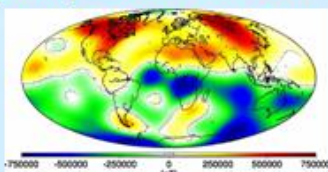


Magnetfelt ved den seneste model (IGRF2000) der bygger på Ørsted data

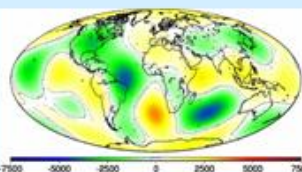


Denne figur viser forskellen opstået gennem 20 år mellem de to modeller. Bemærk Bermuda trekanten.

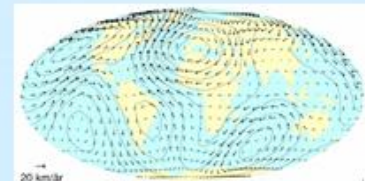
Dynamoprocesser inde i Jorden



Vertikal komponent af magnetfeltet ved "Core-Mantle Boundary" (CMB) 3000 km's dybde ud fra den Ørsted-baserede IGRF2000 magnetfeltmodel.



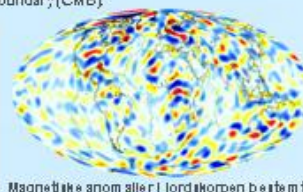
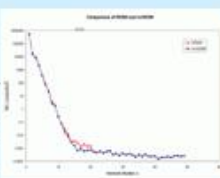
Gennemsnitlig ændring (nT/år) fra Magnet Ørsted (gennem 20 år) i modeller for magnetfeltet ved Core-Mantle Boundary (CMB)



Beregnete strømninger i kernen startset ved CMB 3000 km's dybde [Hulot et al., 2001].

Magnetiske anomalier i Jordskorpen

Eksempel på "Power Spectrum" i rækkevidden af det geomagnetiske felt. Bemærk "knæet" ved led over 13. orden. Det indikerer bidrag fra den flydende kerne i ca. 3000 km's dybde fra bidrag, der stammer fra Jordskorpen (fra Cain et al.).

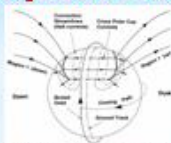


Magnetiske anomalier i Jordskorpen bestemt bl.a. ud fra Ørsted satellitdata [Mau, 2003]

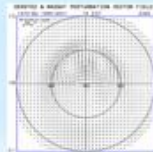
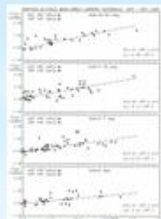
Figuren viser en global model for den samlede inducerede og remanente magnetisering i Jordskorpen bestemt ud fra bl.a. Ørsted præcise magnetiske målinger [Purucker, 2002].



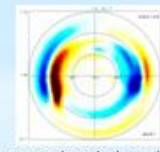
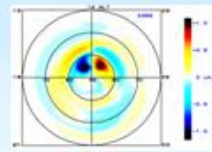
Strømssystemer i Rummet



Anvendelse af Ampere's Lov til bestemmelse af "Cross-Polar" strømme som funktion af solvindens elektriske felt. [Stauning and Primdahl, 2000]



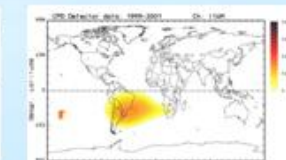
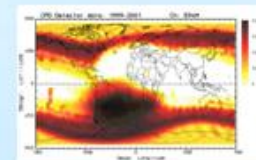
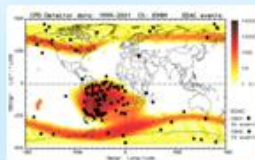
Polar fordeling af magnetiske perturbationer og "Field-aligned currents" (FAC) intensiteter under "Northward Bz" (NEZ) forhold i solvindens magnetfelt. [Stauning, 2002]



FAC uddet fra Ørsted data. Case: $-5 < IMF B_z < 5$, $-2 < E_z < 2$ nT, $-5 < E_{\perp} < -2$ nT, $300 < V_{sw} < 600$ km/s, $3 < D_{sw} < 10$ p/cm, som i eration

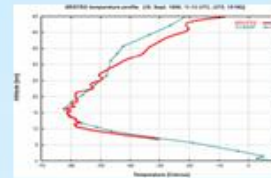
Energirig stråling i Rummet. Strålingsskader på satellitter

"World plots" med regl strøring af "Error Detection and Correction" (EDAC) events i Ørsted's CDH computere (store "dots") og intensitet af energirig stråling (i farvekode) målt med Ørsted's CPD partikel eksperiment. Til højre styrken af den energirige stråling i to kanaler (mellemhøj og høj energi). Ved mellemhøj energi ses nordlige zoner. Ved høje energier ses kun den sydatiske anomal.



Atmosfære-profilering med GPS (elektronindhold, temperatur og vanddampindhold)

Ørsted modtager til rådighed signaler fra GPS satellitter. Ved de såkaldte "okkultationer" kan signalvejen på vejen ned gennem atmosfæren fra toppen til Jordens overflade. Ørsted's GPS præcisionsmodtager (Turbo Rogue) detekterer de små ændringer i signalets fase og styrke, som skyldes atmosfærens indflydelse. Fra disse målinger beregnes profiler af atmosfærens temperatur og indhold af vanddamp.



Eksempel på Ørsted's GPS måling af atmosfærens temperatur-profil. Den røde kurve er baseret på Ørsted's data. Den anden kurve er tegnet ud data fra det europæiske vejrobservationsnet i England. Disse data er bl.a. baseret på målinger med talrige radioonde-balloon.

Sådanne målinger kan muligvis revolutionere meteorologernes datindsamling og forbedre forudsigelser af vejr og klima

Ståning, Stauning, S. H., February 2003, p. 108-110



Poster #9.

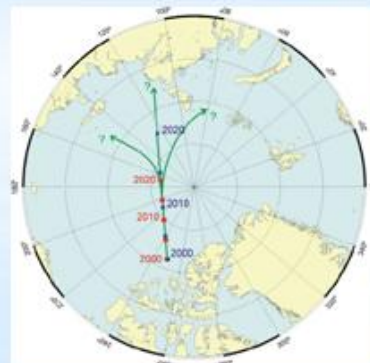
Ørsted's resultater gennem 10 år

Kortlægning af Jordens evigt foranderlige magnetfelt

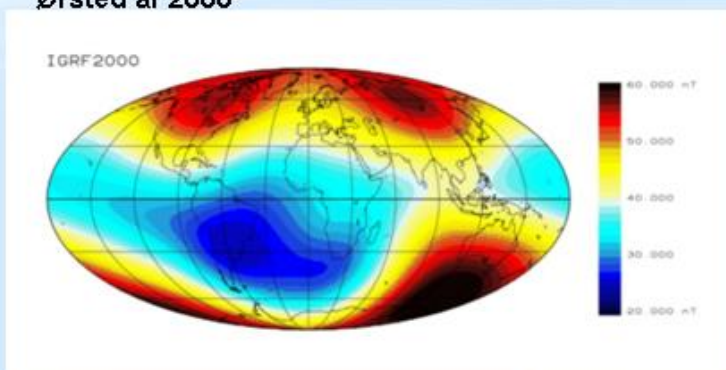


Jordens magnetfelt skabes af elektriske strømme i den flydende kerne af smeltet metal (orange i figuren til venstre). Magnetfeltets retning vises ved feltlinier. Ved de magnetiske poler er feltet lodret.

Figuren til venstre viser polens vandring hen over polarhavet. Vi kan beregne positionen nogle få år frem i tiden, men derefter bliver det mere usikkert (Grafik Nils Olsen).



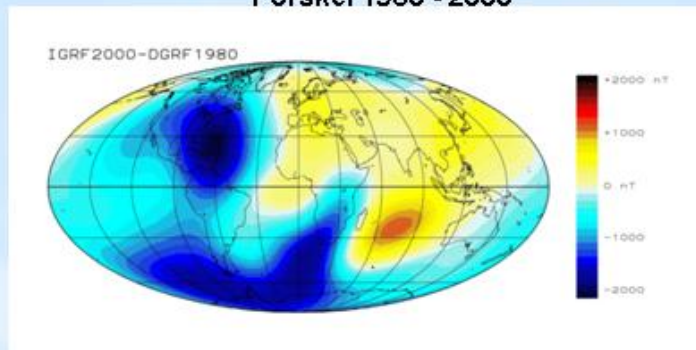
Ørsted år 2000



Ørsted's målinger af magnetfeltets styrke kan vises i et "Mollweide" verdensplot, hvor rød-brune farver viser et kraftigt felt, mens blå-sorter farver viser et svagt felt.

Feltet er kraftigt omkring den nordlige magnetpol nord for Canada og ved den sydlige pol i Antarktis. Men feltet er "skævt". Det er kraftigt også i Sibirien og det er særligt svagt i den såkaldte "Sydatlantiske Anomali"

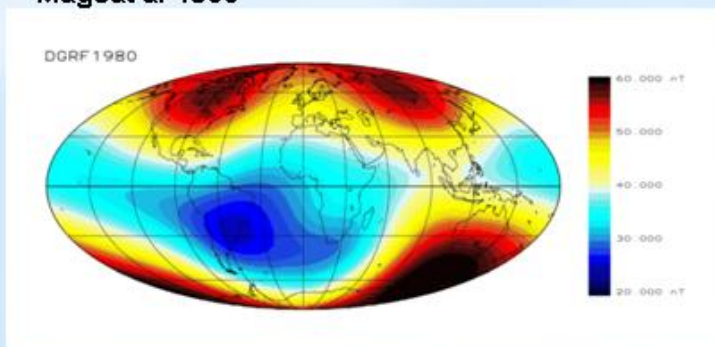
Forskel 1980 - 2000



Magnetfelterne i 1980 og i 2000 ligner umiddelbart hinanden. Men hvis man viser forskellen på en mere følsom skala som i figuren her til højre, så træder forandringerne tydeligt frem.

På de 20 år er feltet i nogle områder øget med over 1000 nT (2%). I andre områder – specielt ved Bermuda – er feltet aftaget med 2000 nT (5%). Den nordlige magnetpol har vandret mere end 500 km og kan muligvis nå Rusland om 20 år.

Magsat år 1980



Forud for Ørsted havde kun én satellit, Magsat, udført præcisionsmålinger af Jordens magnetfelt. Magsat udførte magnetiske målinger i godt 6 måneder fra november 1979 til maj 1980.

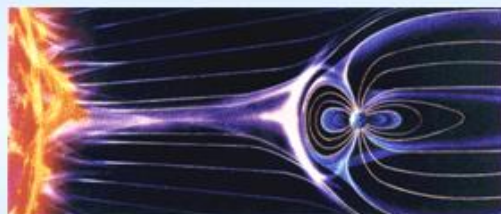
Magnetfeltet i modellen for 1980 er baseret hovedsagelig på Magsats målinger og er vist i Mollweide verdensplottet til venstre.

Poster #10.

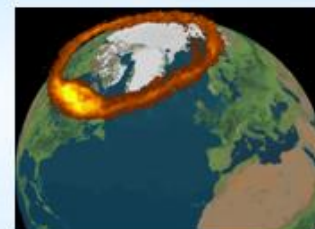
Ørsted måler elektriske strømme i Rummet



Solen fotograferet i UV lys fra SOHO satellit.



Solen udsender en stadig strøm af ioniseret gas: solvinden. Solvinden er særligt intens ved soludbrud, hvor aktive områder sender tætte skyer af glødende gas ud i rummet.

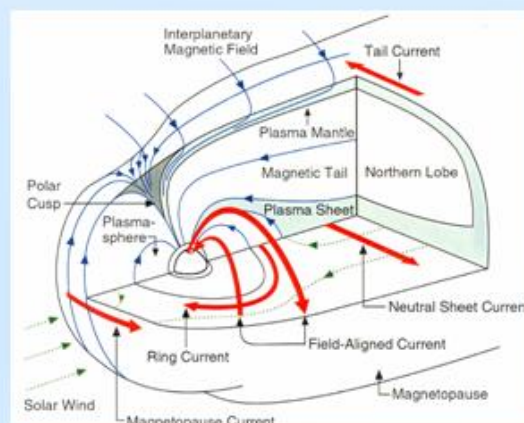


Nordlys er et synligt tegn på solvindens påvirkning af Jordens øvre atmosfære.

Solvindens påvirkning af Jordens magnetfelt trykker det sammen på dagsiden, mens det på natsiden er udstrakt i en langstrakt haleregion. Solvindens kobling med Jordens magnetfelt skaber stærke elektriske spændinger – op til flere hundrede tusinde volt – og kraftige elektriske strømme i rummet – ofte flere millioner ampère.

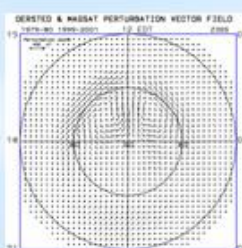
Strømsystemerne kan opdeles i (bl.a.):

- Strømme i grænselaget: "Magnetopause currents"
- Strømme langs magnetfeltet fra grænselaget til og fra nordlysovalen: "Field-aligned currents".
- Elektrisk strøm rundt om Jorden: "Ring current".
- Strømme i den øvre atmosfære: "Transpolar currents" over polerne og "Auroral electrojet currents" i nordlysområderne.

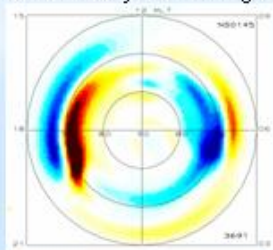


De elektriske strømme i rummet registreres fra Jorden eller i satellitter gennem deres magnetiske virkninger. Strømsystemer i den øvre atmosfære mellem satellit og jord give modsatte magnetiske udslag på jorden og ved satellitten. Strømsystemer længere ude giver udslag i samme retning. Feltrettede strømme (FAC) kan ikke detekteres fra jorden, kun gennem målinger fra satellitter, der passerer igennem de strømførende lag.

Ørsteds fine magnetiske målinger har bl.a. været meget anvendt til kortlægning af feltrettede strømme over polarområderne ved forskellige solvindsforhold. Til højre magnetiske ændringer og FAC ved nordrettet magnetfelt i solvinden. Herunder sydrettet magnetfelt i solvinden.

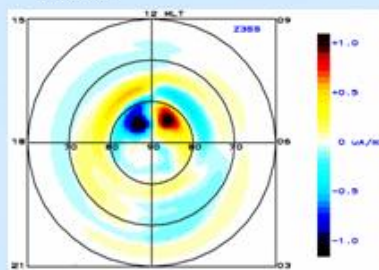


Ørsteds magnetiske målinger er ofte blevet sammenholdt med geomagnetiske målinger fra DMI's stationer i nordlyszonen i Grønland.

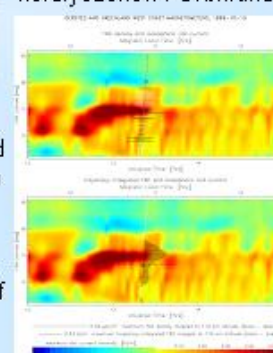


Ørsted. Case: $-5 < \text{IMF } B_z < +5$, $-2 < B_y < 2$ nT, $-5 < B_z < 2$ nT, $300 < V_{\text{SW}} < 600$ km/s, $3 < D_{\text{SW}} < 10$ p/ccm, Sommer.

IMF B_z
>+10 nT



De feltrettede strømme kobler med strømsystemer i den øvre atmosfære. De sammensatte målinger giver langt bedre kortlægning af strømmene end isolerede målinger.

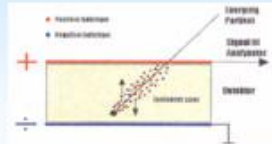


Poster #11.

Ørsted's CPD instrument måler strålingen i Rummet



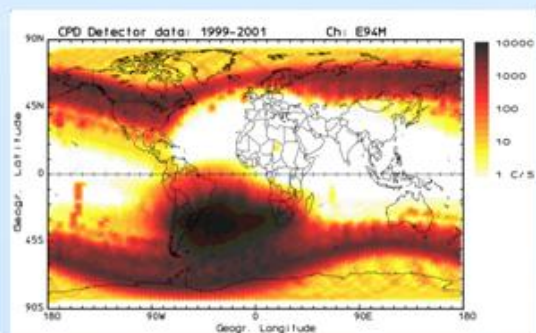
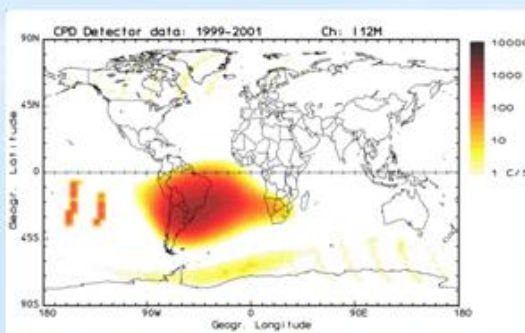
Detektor



Energirige partikler trænger ind i detektoren og laver et ioniseret spor af positive og negative ladninger, som bliver til en lille elektrisk impuls.

Charged Particle Detector (CPD) instrumentet har 4 forskellige detektorer, der "ser" opad og 2, der ser til siden.

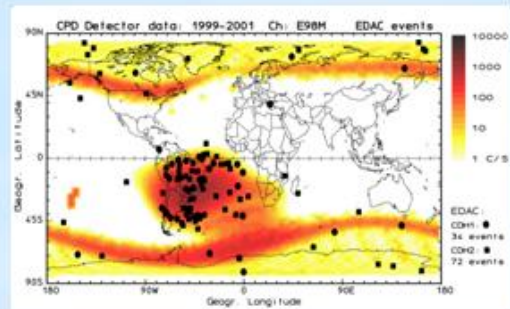
Instrumentet måler den energirige (gennemtrængende) stråling i rummet, bl.a. elektroner og protoner (brintkerner).



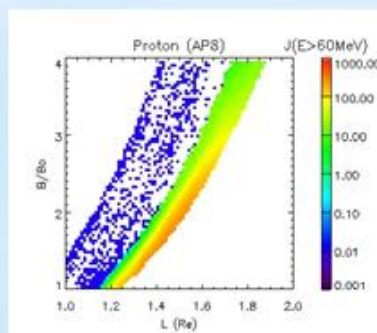
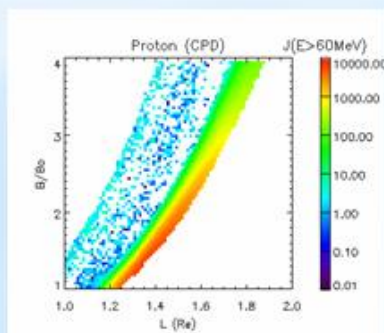
Strålingens styrke er vist med farvekode i "verdensplot" (Geografisk længde og bredde). Protoner dominerer i venstre figur med den Sydatlantiske anomali (svagt magnetfelt). Med elektroner i venstre figur ses også nordlyszonerne

Målinger af partikelstrålingen med CPD instrumentet sammen med registreringerne af bifejl (EDAC events) i Ørsted's computere. Sådanne fejl forekommer særligt i den Sydatlantiske anomali og i nordlys-zonerne.

Beregninger af bifejl i Ørsted's memory med hensyntagen til den skærmende virkning af satellittens struktur bekræfter strålingens styrke. (Stauning, Davidsen og Cyamukungu, 2002). Sådanne beregninger er vigtige for satellitbygning.



Målingerne af den energirige stråling omsættes til en model, hvor man bruger magnetfeltets styrke (B) og den såkaldte L-parameter i stedet for den geografiske position. Herunder ses resultaterne fra CPD målingerne til venstre, og tilsvarende resultater fra den internationale model (AP8) til højre. Strålingens styrke er vist med farvekode.



De to modeller ligner hinanden, men når man ser nøje på skalaerne, viser det sig, at CPD strålingsstyrkerne er 10 gange større end gældende model. De internationale modeller er siden korrigeret bl.a. ved anvendelse af Ørsted's CPD data i ONERA projektet (se Space Environment Information System, SPENVIS)

Poster #12.

Ørsted's CPD instrument måler strålingen i Rummet

Strålingen i Rummet har mange kilder, f.eks. Solen, Nordlyset og Strålingsbælterne:

Solen (solstørme):

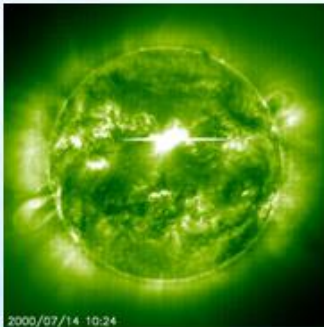
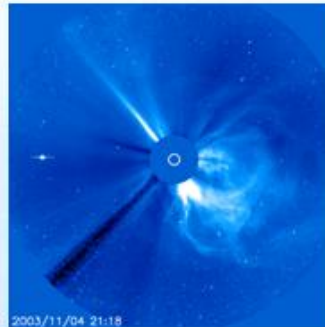
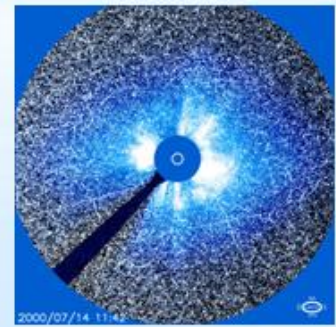


Foto af Solen under soludbrud (billede af røntgenstråling, SOHO)



UV foto mod Solen med skærm for selve solskiven. Masseudslip ses som tungen nederst tv. (SOHO)



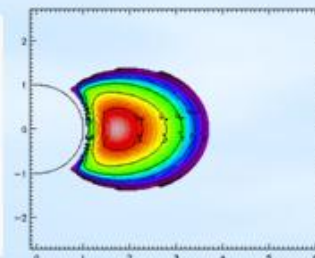
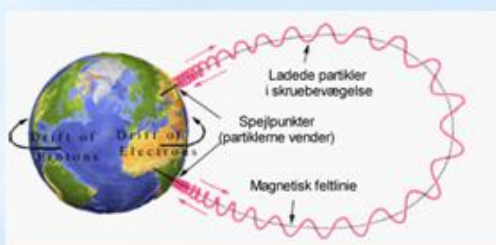
Kameraets CCD chip rammes af gennemtrængende protoner, der laver korte lysende spor. (SOHO)

Nordlyset



Nordlyset skyldes bombardment af atmosfæren med energirige partikler (elektroner og protoner). Nordlys forekommer fortrinsvis i ringformede områder omkring polerne (de magnetiske poler). Hovedparten af den energirige stråling dannes i Jordens magnetosfære. En mindre del kommer direkte fra Solen. (DE2)

Strålingsbælterne:



Her er vist et tværsnit af strålingsbæltet for protoner (positive brint atomkerner) med energier over 60 MeV (millioner elektronvolt). Halvcirklen fra 1 til -1 er kontur af Jorden.

Energirige ladede partikler spiraliserer mellem spejlpunkter langs magnetfeltlinier i rummet. Banerne driver langsomt rundt om Jorden (elektroner mod øst, protoner mod vest). På denne måde holdes strålingen bundet i de såkaldte strålingsbælter i op til flere år. Spejlpunkterne er lavest, hvor magnetfeltet er svagt.

Kosmisk stråling :

Den kosmiske stråling er et bombardment med meget energirige atomkærner fra fjerne galaxer (muligvis fra eksploderende stjerner). Jorden skærmes mod strålingen af sin egen atmosfære og sit magnetfelt men også af Solens magnetfelt.

Poster #13.

MAGNETFELTET FRA JORDSKORPEN OG VARME FRA JORDENS INDRE I

Cathrine Fox Maule og Guðfjans Adalgrímsdóttir, Danmarks Meteorologiske Institut



MAGNETFELT OG JORDVARME

Da magnetisme og temperatur er forbundet, er det muligt at komme med et bud på, hvor meget varme der strømmer ud gennem Jordens overflade ved hjælp af magnetiske målinger. Dette kan bruges til at estimere bundsmeltningen på de store iskapper i Grønland og på Antarktis

SATELLITTERNE

Ørsted
højde: 600-700km
opsendt: 23 feb. 1999

CHAMP
højde: 300-400km
opsendt: 15 juli 2000

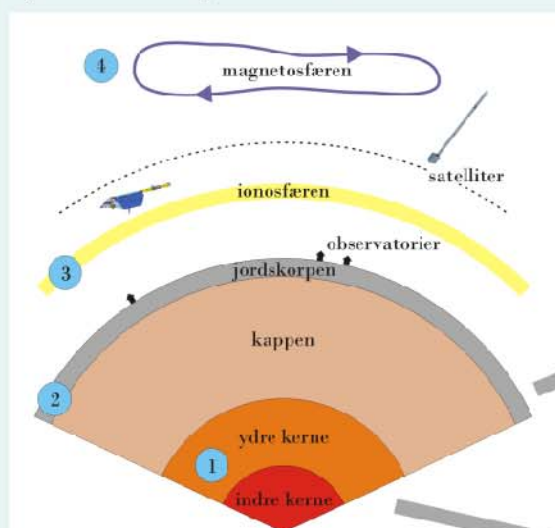
SAC-C
højde: 600-700km
opsendt: 21 nov. 2000



KILDER OG OBSERVATIONER

Jordens magnetfelt stammer primært fra fire kilder:

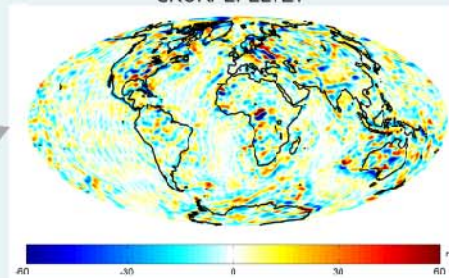
- 1) Dynamoen i Jordens ydre kerne
- 2) Magnetiske klipper i jordskorpen
- 3) Strømme i ionosfæren
- 4) Strømme i magnetosfæren



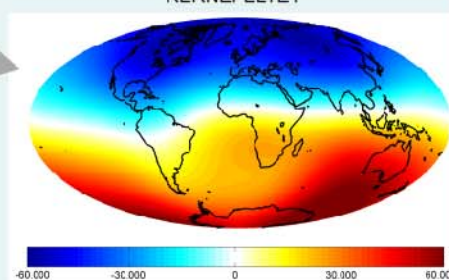
Observationerne af Jordens magnetfelt sker fra satellitter og jordbaserede observatorier. Figuren til venstre viser et tværsnit af jorden, med placeringen af de forskellige kilder.

Ved hjælp af dataene fra satellitterne og observatorierne kan man skille bidragene fra de forskellige kilder. Først fjernes bidragene fra ionosfæren og magnetosfæren, dernæst kan felterne fra kernen og jordskorpen separeres. Figurene til højre viser den lodrette del af magnetfeltet fra hhv. skorpen og kernen i 100 km højde. Feltet fra kernen er 10.000 gange kraftigere end feltet fra jordskorpen.

SKORPEFELTET

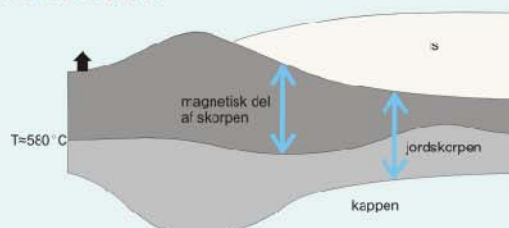


KERNEFELTET



FRA SKORPEFELTET TIL TEMPERATUREN I DYBDEN

Skorpefeltet skyldes magnetisering af klipper i jordskorpen. Klipperne kan kun være magnetiske, hvis deres temperatur er lavere end ca. 580°C. Derfor kan man ud fra skorpefeltet beregne i hvilken dybde temperaturen når 580°C.



Poster #14.

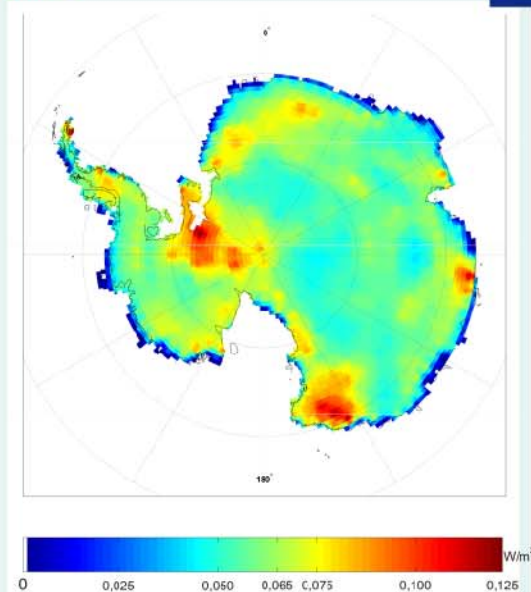
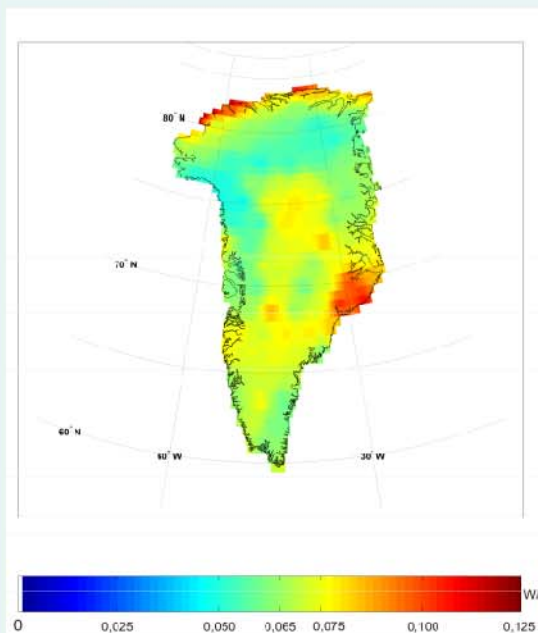
MAGNETFELTET FRA JORDSKORPEN OG VARME FRA JORDENS INDRE II

Garbrine Fox Maule og Guðfína Adalgeirsdóttir, Danmarks Meteorologiske Institut



VARMESTRØMMEN I GRØNLAND OG PÅ ANTARKTIS

Da det er varmere i Jordens indre end det er uden for, strømmer der hele tiden varme ud gennem Jordens overflade. Dette kendes som geoterm varme, og er det der udnyttes i jordvarmeanlæg. Hvis man et givet sted ved hvordan temperaturen er i undergrunden, kan man estimere hvor stor varmestrømmen ud gennem jordoverfladen er. Det er nyttigt i områder, hvor man ikke kan komme til at måle varmestrømmen direkte, som f.eks. under de store iskapper på Antarktis og i Grønland.



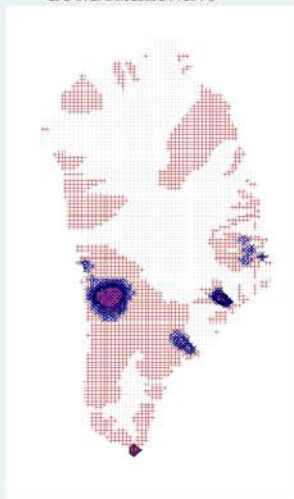
Variationen af jordvarmen under isen betyder noget for hvordan iskappen flyder. I områder med stor jordvarme vil isen i bunden af iskappen smelte.

Figurene viser den estimerede varmestrøm under isen i hhv. Antarktis og på Grønland bestemt ved hjælp af målinger af Jordens magnetfelt. Det ses at varmestrømmen varierer meget geografisk, og at den i nogle områder er dobbelt så høj som gennemsnitsværdien for kontinentale egne på $0,065 \text{ W/m}^2$. Til sammenligning er varmestrømmen i typisk kogeplade $80.000\text{--}100.000 \text{ W/m}^2$.

AFSMELTNING I BUNDEN AF ISKAPPEN

Information om varmestrømmen under iskapperne kan bl.a. bruges til at estimere hvor der er bundsmeltning. Om der er bundsmeltning et givet sted afhænger foruden af varmestrømmen bl.a. af isens tykkelse det pågældende sted. Ved at sætte estimatet for varmestrømmen ind i en model for iskappen på Grønland, kan man beregne hvor der kan forventes bundsmeltning. Et sådant resultat ses på figuren til højre: ved de røde og blå krydser er bundtemperaturen på smeltepunktet, mens iskappen er frosset fast til undergrunden i de hvide områder.

BUNDSMELTNING



Generelt ved man meget lidt om forholdene i bunden af iskapperne, og hvor stor betydning bundforholdene har på iskappernes dynamik. Der findes kun direkte målinger af bundforholdene de få steder, hvor der er boret hele vejen ned gennem isen. Magnetfeltstudier kan bidrage til en øget viden om bundforholdene af iskapperne, og dermed til en øget forståelse af iskappernes fremtid med de klimaforandringer fremtiden vil bringe.

Poster #15.

KLIMAUNDERSØGELSER MED GPS-MÅLINGER



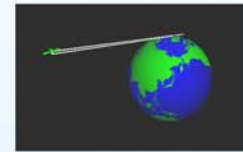
Ved opsendelsen i 1999 var Ørsted den anden satellit i verden, der var udstyret med en såkaldt radio-okkultations-modtager.

Denne nye instrumenttype måler signalet fra GPS-satellitterne når de "går ned" eller "står op" bagved Jorden, og omregner det til information om atmosfærens temperatur, tryk, og vanddampsindhold, til brug ved vejrforudsigelser og klimaundersøgelser.

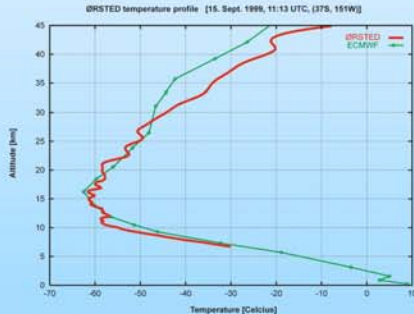
Metoden er nu operativ på nyere satellitter, og Ørsted var således med til at bane vejen for en ny og vigtig kilde for forståelse af Jordens klima.



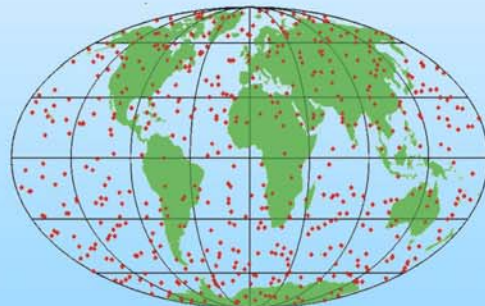
Princippet i radio-okkultationsmålinger. En lavtflyvende satellit (her: Ørsted) måler det udsendte signal fra en GPS-satellit, der "går ned" (eller alternativt "står op") bag Jorden. Den vinkel strålen afbøjes med i atmosfæren kan omregnes til en lodret profil (den røde streg) af refraktivitet og videre til temperatur, tryk og vanddampsindhold. Denne datatype er en ny og værdifuld kilde til vejrforudsigelser og klimastudier.



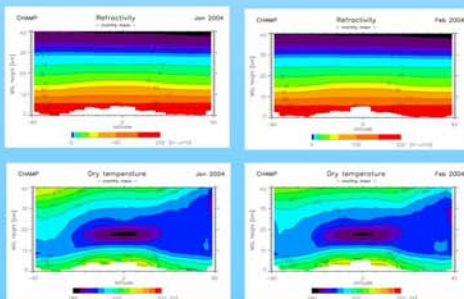
Radio-okkultation set i korrekt perspektiv. GPS-satellitten er forrest til venstre, mens Ørsted er i baggrunden til højre. De to hvide linjer angiver første og sidste måling i okkultationen, og den lodrette dataprofil befinder sig der, hvor de hvide linjer er tættest på jordover-fladen.



Ørsteds allerførste temperaturprofil, 15. September 1999, et sted i det sydlige Stillehav. Den røde kurve er Ørsteds måling, mens den grønne kurve er den forudsagte temperatur fra en computermodel.



Typisk fordeling af radio-okkultationsprofiler på 24 timer.



Eksempel på anvendelse af radio-okkultationsdata til klimaforskning: Plottene viser den globale gennemsnits-refraktivitet og -temperatur på grundlag af okkultationsdata fra den tyske satellit CHAMP, for hhv. januar 2004 (til venstre) og februar 2004 (til højre). Førsteaksen angiver breddegrad fra Sydpolen til Nordpolen, mens andenaksen angiver højden i kilometer.

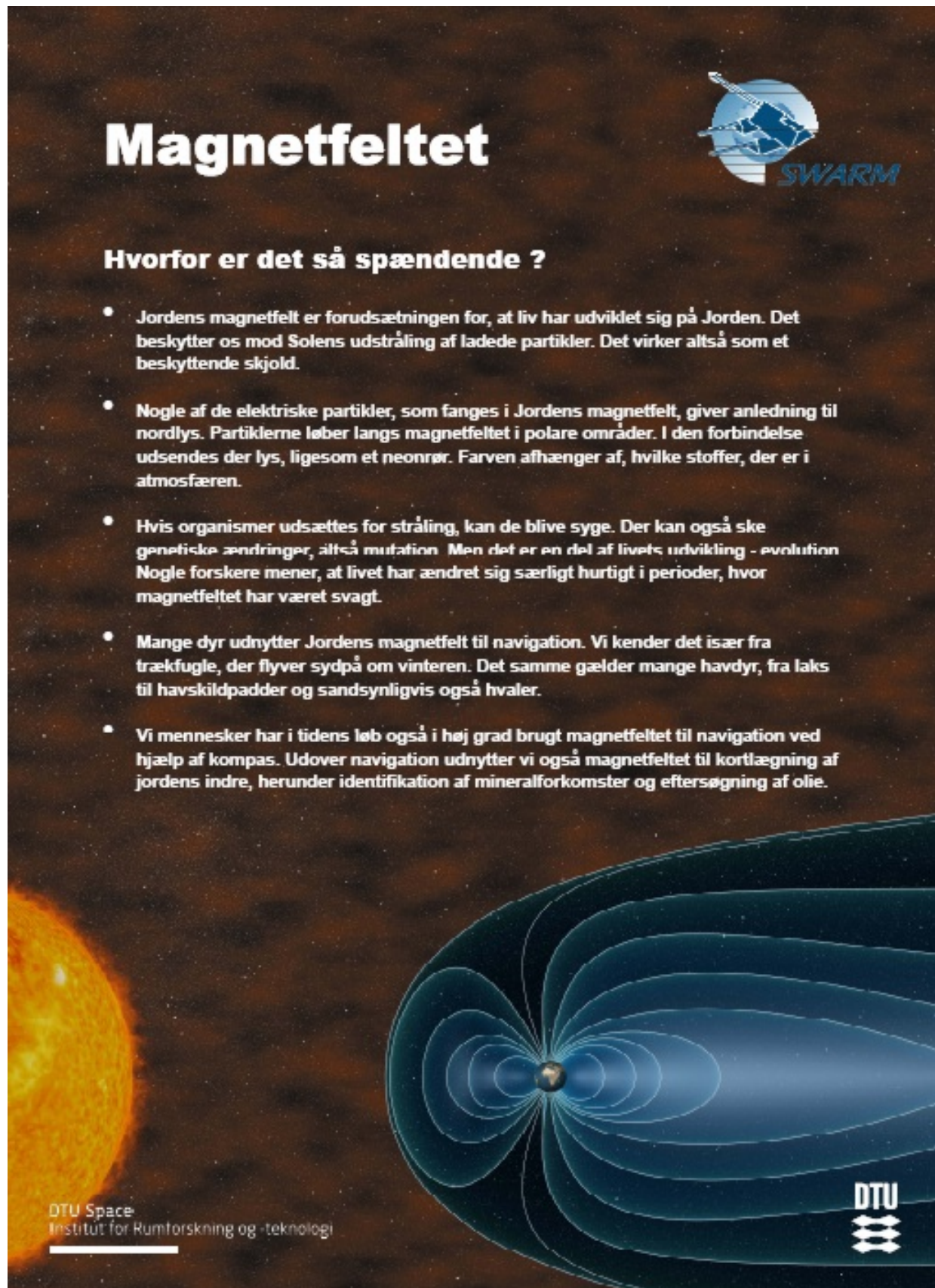


Placeringen af Ørsteds GPS-modtager af mærket TurboRogue.

Frans Rubek, Hans Gleisner,
Kent B. Lauritsen, Stig Syndergaard,
Martin B. Sørensen

Danmarks Meteorologiske Institut

Poster #16.



Magnetfeltet

Hvorfor er det så spændende ?

- Jordens magnetfelt er forudsætningen for, at liv har udviklet sig på Jorden. Det beskytter os mod Solens udstråling af ladede partikler. Det virker altså som et beskyttende skjold.
- Nogle af de elektriske partikler, som fanges i Jordens magnetfelt, giver anledning til nordlys. Partiklerne løber langs magnetfeltet i polare områder. I den forbindelse udsendes der lys, ligesom et neonrør. Farven afhænger af, hvilke stoffer, der er i atmosfæren.
- Hvis organismer udsættes for stråling, kan de blive syge. Der kan også ske genetiske ændringer, altså mutation. Men det er en del af livets udvikling - evolution. Nogle forskere mener, at livet har ændret sig særligt hurtigt i perioder, hvor magnetfeltet har været svagt.
- Mange dyr udnytter Jordens magnetfelt til navigation. Vi kender det især fra trækfugle, der flyver sydpå om vinteren. Det samme gælder mange havdyr, fra laks til havskildpadder og sandsynligvis også hvaler.
- Vi mennesker har i tidens løb også i høj grad brugt magnetfeltet til navigation ved hjælp af kompas. Udover navigation udnytter vi også magnetfeltet til kortlægning af jordens indre, herunder identifikation af mineralforekomster og eftersøgning af olie.

DTU Space
Institut for Rumforskning og -teknologi

DTU

Poster #17.

Efter Ørsted – Swarm



- Swarm skal kortlægge Jordens magnetfelt og dets tidlige forandring med hidtil uopnået nøjagtighed.
- DTU Space har stået i spidsen for præsentationen af Swarm missionen til ESA, og leverer de primære instrumenter: Vektor magnetometeret som måler retningen på Jordens magnetfelt og 3 tilhørende stjernekameraer som bestemmer orienteringen i rummet.
- DTU Space har endvidere det videnskabelige ansvar for missionen.
- Swarm består af 3 identiske satellitter som flyver i formation: 2 flyver side om side i en lav bane (ca. 450 km.) og den 3. flyver i en lidt højere bane (ca. 530 km.).
- Hver satellit vejer ca. 500 kg.
- Hele missionen er budgetteret til ca. 1,3 mia. kr.
- Opførelsen er planlagt til 2011 og missionen vil vare i ca. 4 år.




Her ses vektor magnetometeret og 3 tilhørende stjernekameraer fra DTU Space, på en bom langt fra den forstyrrende elektronik i satellitten

DTU Space
Institut for Rumforskning og -teknologi



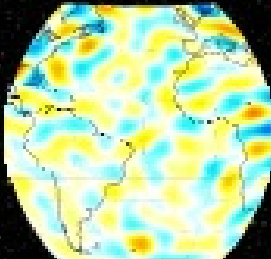
Poster #18.

Efter Ørsted – Swarm

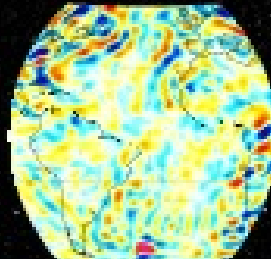


Hvorfor skal vi blive ved med at måle ?

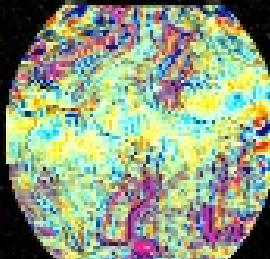
- Jordens magnetfelt ændrer sig hele tiden. Men det sker uforudsigelig og kaotisk. Fordi magnetfeltet har stor indflydelse på alle menneskers hverdag (radiokommunikation, satellitnavigation, kompasnavigation, olieeftersøgning osv.) er det vigtigt at kende og forstå denne forandring.
- Magnetfeltets forandring afspejler processer i Jordens kerner. Metalnetet i 3000 km dybde består af smeltet jern og nikkel, og magnetfeltets forandring afspejler hvordan denne væske bevæger sig. Kun med kontinuerlige målinger er det muligt at forstå hvordan Jordens indre ser ud og udvikler sig.
- Nye målemetoder tillader en bedre opløsning. De to Swarm satellitter, som flyver ved siden af hinanden, muliggør en slags "stereosyn" med langt bedre opløsning til følge. Derved vil vi bl.a. kunne se havbundsudbredningen i magnetfeltet langs de zoner, hvor kontinentalpladernes bevæger sig væk fra hinanden.



Uden Ørsted.
Opløsning på 1000 km

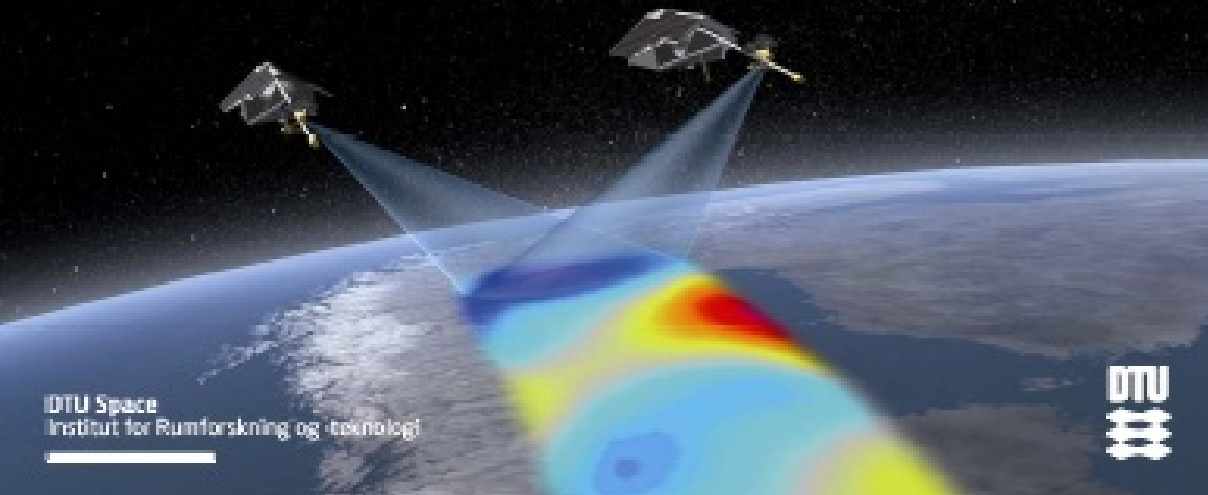


Med Ørsted.
Opløsning på 675 km




Med Swarm.
Opløsning på 300 km

Med Swarm opnår man en global og meget præcis kortlægning af Jordens magnetfelt og dets forandring over tid. Man kan se hvordan Jordens indre forandrer sig, studere vekselvirkningen mellem magnetfeltet og Jordens omgivelser.



DTU Space
Institut for Rumforskning og -teknologi



Poster #19.

Efter Ørsted – ASIM



Danmarks næste store Nationale Rumprojekt !

- ASIM skal studere ekstreme tordenstorme og deres indflydelse på atmosfære og klima:
 - kæmpelyn fra tordenkyer til ionosfæren
 - transport af den vigtige drivhusgas – vanddamp – til den øvre atmosfære
 - aerosoler og deres indflydelse på skydannelse.
- DTU Space har foreslået missionen og har den videnskabelige ledelse. Missionen realiseres gennem ESA. Projektet ledes af Terma A/S i samarbejde med en lang række Danske og udenlandske underleverandører.
- Instrumenterne er et antal optiske kameraer og fotometre samt et røntgen kamera.
- ASIM skal sidde uden på ESA's Columbus modul på den Internationale Rumstation (ISS).
- Missionen koster ca. 150 mio kr. og finansieres primært af ESA's ELIPS program samt af nationale bidrag fra Danmark, Spanien og Norge.
- Opsendelsen er planlagt til 2013 og missionen vil vare i ca. 2 år.



- Elve:**
 - Ringe af energiledninger i den lavere del af ionosfæren.
- Røde Sprites:**
 - Gågenfiske lynglimt i mesosfæren
 - 10-100 ms varighed
 - ~60 MJ energi udladning og dermed de største udladninger vi kender i atmosfæren (ca. 12 kg dynamit)
- Blå Jets:**
 - Skyder fra toppen af skyerne og op i stratosfæren
 - 100-600 ms varighed

Hvorfor er det spændende ?

- Kæmpelyn blev opdaget i 1989 – de er en del af vore naturlige omgivelser og vi ønsker at forstå deres fysik
- Skyer og vanddamp har stor betydning for Jordens strålingsbalance (klima). Hvis vi forstår deres formation og transport i atmosfæren kan vi forbedre klimamodeller.
- Den vertikale transport afspejles i skyers elektriske egenegenskaber – stor transport giver stor aktivitet. Hvordan kan målinger af den globale lynaktivitet forbedre vejr og klimamodeller?

DTU Space
Institut for Rumforskning og -teknologi



Poster #20.

Micro-satellite projects

Terma participates in developing micro-satellites in Danish and international programmes

Since the early 1990s, Denmark has maintained a national programme for micro-satellites. Terma has played a prime role as system responsible and as supplier of satellite platform and ground control facilities.

Terma has also been leading in ESA studies on constellations of micro-satellites.

Ørsted

Primary scientific objectives of this mission are to provide a precise global mapping of Earth's magnetic field to improve the scientific models and to determine changes in the field.

SAC-C

A joint CONAE/NASA mission for combined astrophysics, space physics and Earth observation including magnetic mapping of the Earth.

Rømer

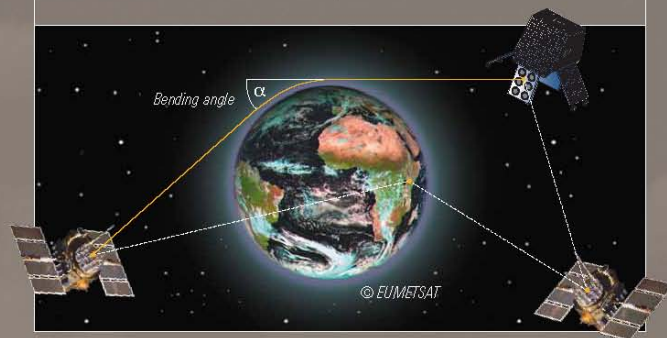
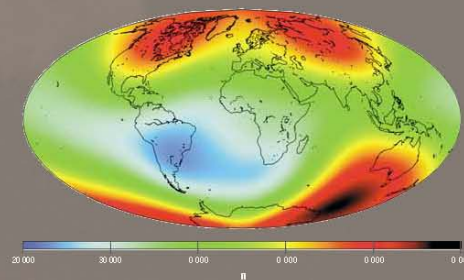
A scientific mission to probe stellar interiors for composition, structure and age by measuring seismic oscillations with precision photometry.

Atmospheric profiling

ACE+ (Atmosphere and Climate Explorer) and other ESA and EU studies have demonstrated how atmospheric profiling may benefit from navigation signal exploitation



The International Geomagnetic Field Reference Model (IGRF-2000) is based on Ørsted data.



TERMA[®]

www.terma.com

entrepreneurs in technology

Poster #21.

Experience in Space

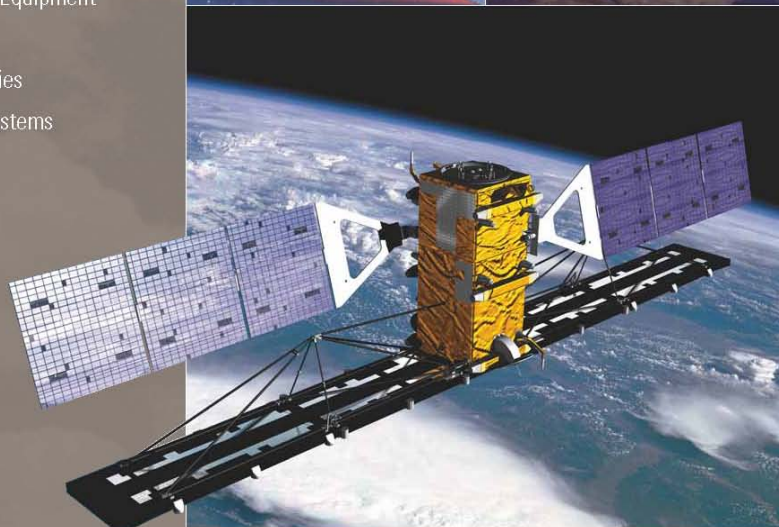
Terma has a long tradition as participant in European space exploration

Terma contributes to all phases of a mission - from early feasibility studies through system realisation and operation, to exploitation of the results. This encompasses:

- Complete turnkey systems
- Specialised Products
- General IT Services
- Specialist Services

Specialised products include:

- Small Satellites and Platforms
- Star Trackers
- Power Electronics
- On-Board Software
- Electrical Ground Support Equipment
- Mission Control Systems
- Software Validation Facilities
- Independent Validation Systems
- Satellite Simulators
- Telemetry Decoders
- Data Processing Systems



TERMA[®]

www.terma.com

entrepreneurs in technology

Poster 22.

ASIM Instruments Development TERMA[®] SPACE

Terma is managing Phase B for the requirements consolidation and design of the Atmosphere-Space Interactions Monitor (ASIM) instrument that is intended to fly on the International Space Station (ISS).

The Atmosphere-Space Interactions Monitor (ASIM) is planned as an observatory to be placed on the exterior of the ISS. It will measure high altitude lightning that is discharged from thunderclouds, stretching up to the ionosphere at altitudes of 90-100 km. These formations of lightning are known as "red sprites", "blue jets", and "elves". In addition, the ASIM project will study the discharges observed in the form of energetic bursts of X-rays and gamma rays, likewise discharged from violent lightning.

In science terms the optical events are referred to as Transient Luminous Events (TLEs), and the X- and Gamma ray events as Terrestrial Gamma Flashes (TGFs).

ASIM Instruments
For the Phase B study ASIM consists of six optical cameras, six photometers, and one sensor for X-ray detection. The instruments will be installed on the Columbus External Pallet to be mounted on the exterior of the Columbus module, housing ESA's laboratory on the ISS.

The optical instruments are grouped in three Modular Multi-spectral Imaging Arrays (MMIA), each composed of two optical narrow band cameras and two photometers with related optical and signal processing capabilities, including autonomous event detection algorithms to identify and prioritize events for download.

Two MMIA are planned to be combined into the Limb Viewing Assembly for horizontal observations. One MMIA will be combined with the X- and Gamma Ray detector into the Nadir Viewing Assembly looking directly down on the Earth.

The Modular X and Gamma ray Sensor module (MXGS) is designed to detect radiation from Terrestrial Gamma Flashes and from lightning induced electron precipitation. The detector is built around a Cadmium Zinc Telluride semiconductor detection plane of 32cm x 32cm with possible imaging capabilities.

Fast electronic circuitry used in the MXGS will provide time history and spectra over the course of the expected lifetime of 1-5 ms for each TGF. Also, a TGF burst trigger signal is passed to the adjacent MMIA module (and vice versa) for synchronization of the two types of observation.



Layout of ASIM Instrumentation



Limb Viewing Assembly (2 MMIA)



Nadir Viewing MXGS & MMIA



Terma Space
Email: space@terma.com Web: www.terma.com

ASIM TERMA[®]

ASIM Project
The project has been a Danish initiative, from the very start, headed in the initial phase by the Danish National Space Centre (DNSSC) with participation of the universities of Valencia and Bergen, as well as the Polish Science Academy.

Phase B is currently being implemented over a period of 24 months, in accordance with ESA's normal industrial guidelines.

Terma has undertaken management of this phase during which specifications and design are to be verified and consolidated. This is done together with a number of Danish companies including Damtec.

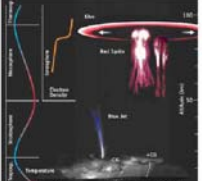
Currently Phase C-D is being prepared as part of the ELIPS program organized by the European Space Agency.

ASIM Mission
ASIM will address a variety of important scientific and technological aspects which will include:

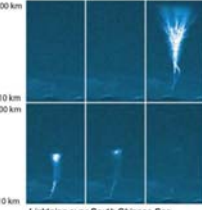
- Understanding of the processes involved in thunderstorm initiated electrical discharges.
- Understand their impact on atmospheric processes and possible links to climate determining factors.
- Development of new technologies with spin-off into terrestrial applications for advanced process control and optical instrumentation.
- Demonstration of the fruitful utilization of the collaborative investments in the International Space Station.

Not the least from a Danish perspective, ASIM will contribute with important data adding to the Danish contribution to improve models for climate research.


The nature of the electrical phenomena is illustrated in the chart to the right and exemplified with the observations of giant lightning over the South Chinese Sea. The exposure rate was 25 frames/sec.



Lightning Phenomena (Courtesy DNSSC)



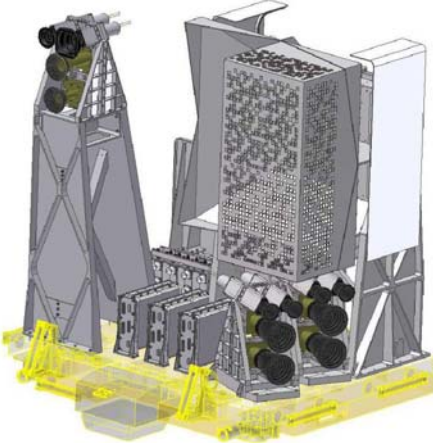
Lightning over South Chinese Sea (Courtesy DNSSC and Science)

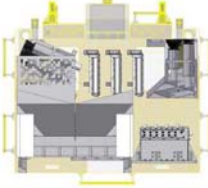



ASIM mounted on Columbus external pallet of the International Space Station (Artist's impression, Courtesy ESA)

Terma Space
Email: space@terma.com Web: www.terma.com

ASIM TERMA[®]

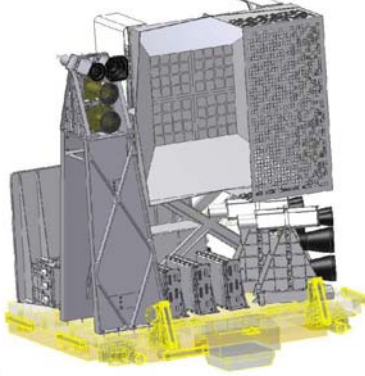


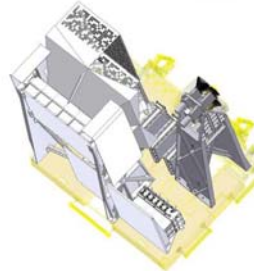





Terma Space
Email: space@terma.com Web: www.terma.com

ASIM TERMA[®]







Terma Space
Email: space@terma.com Web: www.terma.com

