

Deep Impact – kollision med kometen Tempel 1

Uffe Gråe Jørgensen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.

Mere end 100 millioner kilometers rejse med en hastighed på 30.000 km/t, og ankomst inden for 1 sekund fra det planlagte tidspunkt – nej, det er ikke DSBs nye intercity-tog, men NASAs rumsonde Deep Impact, som den 4. juli i år kolliderede med kometen 9P/Tempel 1.



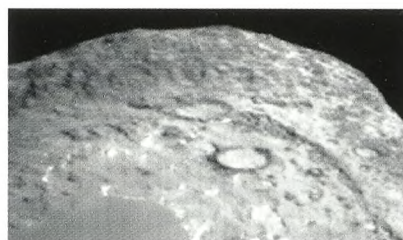
Figur 1. Moderskibet tog dette billede kun 67 sekunder efter kollisionen, fra en afstand af ca 1.000 km. En hastigt ekspanderende gas af fordampede komet- og satellitmateriale er begyndt at strømme ud fra kollisionsskrateret.

Rumsonden bestod af to moduler: et moderskib på størrelse med en personbil, og en 362 kg tung kollisionssonde på størrelse med en vaskemaskine. Først næsten fremme ved kometen, skiltes de to moduler. Den mindste del af sonden blev bragt på kollisionsskurs, mens moderskibet fortsatte forbi kometen. Begge moduler var udstyret med kameraer – modermodulets lidt mere avanceret end kollisionssmodulets. Fra 500 km afstand forevige de modermodulet den første kontakt mellem sonde og komet – menneskets første aktive eksperiment med et himmellegeme (figur 1).



Figur 2. 50 minutter senere tog moderskibet dette billede, fra en position nu allerede 30.000 km forbi kometen. En kæmpe sky af gas og støv fra nedslaget har bredt sig hundrede af km ud i rummet, i retning bagud ud af billedet.

Fra de to moduler har vi nu modtaget 4.500 imponerende nærbilleder af kometen. Det sidste billede transmitteret tilbage til Jorden fra kollisionssondens kamera, er taget kun 3 sekunder før sammenstødet, i en højde af bare 30 km over kometens overflade. Det viser detaljer af kometens overflade på ned til 4 meter. Aldrig før har vi set en komet i så stor opløsning, men faktisk er det kun fire kometer vi overhovedet har set overfladen af – Halley, Wild 2, Borrelly, og nu altså Tempel 1.



Figur 3. Et af de mange billeder af kometens overflade, taget af kollisionssmodulets kamera på vej mod tilintetgørelsen. Hele sekvensen af billeder kan ses som en film på [1].

Læs videre inde i bladet – side 11.

om man kunne have ønsket sig en noget kortere og mere præcis fremstilling med mere vægt på de videnskabelige arbejder fremfor det personalhistoriske, giver bogen alt i alt et vægtigt og originalt bidrag til dansk astronomihistorie. Titlen på bogen forekommer dog ret så uheldig, idet den leder tanken hen på et nærmest gudommeligt forhold mellem far og søn og dermed til en dominerende indflydelse af faderen. Det var ingenlunde tilfældet. Nok var der rygter om nepotisme i forbindelse med Bengts tidlige karriere, og nok prøvede faderen at påvirke sønnens valg mellem USA og Danmark, men som det klart fremgår af bogen gik Bengt Strömgren helt suverænt sine egne veje, og var med sit venlige væsen meget forskellig fra faderen. Som det fremgår af bogen arvede han i intellekt og personlighed mere fra moderen, Hedvig Strömgren, der praktiserede som

tandlæge og var engageret i odontologisk forskning.



Figur 1. Far og søn ved Bengt Strömgrens disputats. Tegning fra *Politiken* den 13. december, 1929.

Poul Erik Nissen
Institut for Fysik og Astronomi,
Aarhus Universitet

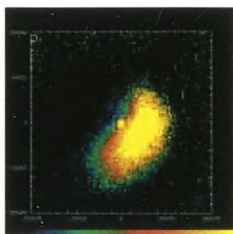
Deep Impact – kollision med kometen Tempel 1

Uffe Gråe Jørgensen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.

...fortsat fra bagsiden.

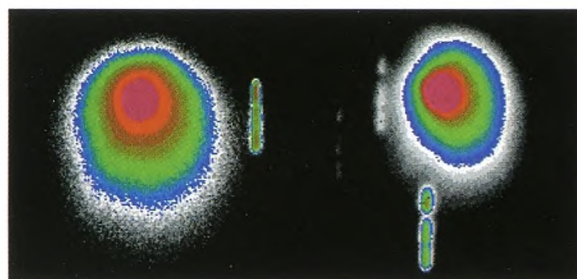
Den gængse opfattelse er, at kometer er frosne klumper af is og støv. Kommer en komet ind i det indre af Solsystemet, vil solvarmen smelte stof af fra kometens øvre lag, som da vil brede sig ud i en stor støv- og gassky omkring kometen, kaldet komaen. Solvinden og sollyset vil presse noget af dette stof ud i en vifte, der ses som kometens hale. Fra Jorden kan vi kun studere sammensætningen af det fordampede gas og støv. Selve overfladen af selv de allernærmest passerende kometer er totalt uden for rækkevidde af selv de bedste af Jordens teleskoper.

Fra Jorden observerede et stort antal kikkerter kometen før, under, og efter nedslaget. ESOs største koordinerede observationsindsats nogen sinde bestod i en næsten uafbrudt serie af observationer over 7 nætter i træk fra samtlige teleskoper på La Silla og Paranal observatorierne i Chile. Herved var Europæiske astronomer i stand til at indsamle simultane data i alle bølgelængder, spektroskopisk og fotometrisk, af én og samme begivenhed – historiens første eksperiment med en komet, se figur 4.



Figur 4. Her ses et billede taget med NTT teleskopet på La Silla af den infrarøde stråling ('varmestrålingen') fra den gas der udbredte sig fra kollisionen.

Den Danske kikkert på La Silla i Chile deltog i projektet med en langtidsmonitorering af kometens naturlige udvikling før og efter kollisionen, og med at levere data der hjalp med til at styre rumsonden på ret kollisionskurs.



Figur 5. Billederne viser kometens koma umiddelbart før (tv) og efter (th) kollisionen. I billedet til højre ses bl.a. en lille asymmetri 'mod ca. kl. 10 i billedet' (nord-nordvest) i den indre del af komaen. Det er en gas- og støvsky af Jordens størrelse der her breder sig ud gennem kometens koma. De 'aflange streger' i billederne er stjerner der trækkes hen over eksponeringen mens teleskopet følger kometens bevægelse under de 30 minutter lange eksponeringer.

Ikke overraskende indeholder den udstrømmende gas store mængder ilt og OH – nedbrydningsprodukterne fra vanddamp udsat for Solens ultraviolette stråling i det interplanetare tomrum. CO₂, CO, HCN, CN, og C₂ er også blandt de gasser man har målt. Man har observationer der fortæller noget om kornstørrelsen af det udstrømmende støv, men næsten ingen information om dets sammensætning. Måske noget overraskende, i forhold til den populærvidenskabelige model af kometkernen som en 'snævset snebold', ved man heller ikke om kometer primært består af stenarter eller af

is. Målinger af den udsivende gas (dvs. fordampet is) og støv fra kometer, viser gas-til-støv-forhold i hele området fra 1:10 til 10:1. Is-til-støv-forholdet var derfor et af de mange spørgsmål man gerne ville have mere klarhed over ved at lave et aktivt eksperiment med kometen som deltager.

To resultater tyder i retning af, at det indre af Tempel 1 primært er is. Den relativt lange tid fra det første impactflash (sammenstødet med overfladen) til fremkomsten af lysende gas (ophedet ekspanderende gas fra sammenstødet trykbølgefront) må betyde, at sonden er gået relativt dybt ind i kometkernen. Skyggen fra den første udstømmende gas og støvmængden viser en ret tynd og koncentreret søjle, som igen peger mod stof kommende op af en 'smal og dyb brønd' mere end af et bredt og fladt krater som vi kender det fra meteorokraterne på Månen og Jorden. Begge disse observationer kunne forstås som, at sonden brød en tynd og hård kometskorpe, for derefter at fare gennem relativt porøs sne/is nedenunder; men naturligvis skal der langt mere solide modeller til end de overfladiske betragtninger her, før vi kan sige noget med anstændig sikkerhed.

Desværre ser det ikke ud til, at nogen af billederne fra moderskibet viser selve krateret. Måske kan det komme efter indgående billedbehandling i ugerne og månederne fremover, men det er også muligt, at sammenstødsstedet og -vinklen var lidt mere ugunstig for fotografering fra moderskibet end oprindelig planlagt.

I løbet af den første time efter kollisionen bredte gas og støv sig ud fra kraterhullet med hastigheder på et sted mellem 700 og 1800 km/t (iflg. forskellige kilder), og kometens samlede lysstyrke voksede et sted mellem 50% og en faktor 5 (iflg. forskellige kilder, baseret på forskellige bølgelængder lys). Men herefter aftog lysstyrken igen, og et af de måske mest overraskende resultater er, at udstømningen relativt hurtigt holdt op. En udbredt opfattelse for dannelsen af kometers koma og hale er, at solvarmen får den isrige overflade til at brække, og opvarme gas fra fordampende is nedenunder, som derefter strømmer ud gennem sprækkerne. Denne opfattelse synes nu at være forkert, eller i det mindste er det ikke nok at slå en sprække i overfladen for at danne en blivende geyseragtig jet. Det hul som sonden lavede forårsagede ikke den samme slags aktivitet som de naturlige jetstrømningsområder. En sådan naturlig udstømning var i øvrigt allerede opstået nogle dage inden sammenstødet, og kunne ses vokse og aftage med den samme 41 timers periode som kometen bruger for at rotere omkring sig selv og bringe aktivitetsområdet ind og ud af solvarmen.

Missionen har i det store hele bekræftet de mest accepterede teorier for en kometes mest sandsynlige interne sammenhængskraft, hvilket på længere sigt vil have betydning for hvordan man vil opbygge en strategi

for at afbøje banen af kometer på kollisionskurs med Jorden – på en mere professionel måde end i filmen Deep Impact der har givet inspiration til rumsondens navn. Man har fået afkræftet de mest ekstreme teorier: Dels dem der bedømte kometen til at være løs som en snebunke, så sonden ville gå lige igennem, og dels dem der, i den anden ende af skalaen, forudsagde, at kometen ville være så hård, at Deep Impact blot ville lave en 'skramme i overfladen'.

Missionen var også en (meget lille) brik på vejen til at forstå så store grundlæggende spørgsmål som Sol-systemets oprindelse og livets begyndelse på vor klode. De videnskabelige bidrag vil dog langt overgå de mere ambitiøse projekter som f.eks. ESAs Rosetta-sonde der ventes at lande på ('dukke til') en komet i 2014. Det vigtigste resultat af Deep Impact er, at det overhovedet lykkedes at ramme kometen, og så endda med en så uhørt præcision. Et andet hovedresultat er, at det i forbindelse med kollisionen lykkedes at samle det hidtil største internationale studium af en komet set fra Jorden. Og et tredje og meget glædeligt resultat er, at det igen lykkedes at skabe en stor offentlig interesse omkring et grundvidenskabeligt projekt – lidt i stil med Apollo, hvor det måske heller ikke var det direkte videnskabelige udbytte der var den mest tungtvejende del af projektet.

Referencer:

- [1] www.nasa.gov/mission_pages/deepimpact/multimedia.
- [2] Løbende opdateret information om resultaterne fra ESOs observationer af kometen kan findes på: deepimpact.eso.org.
- [3] Informationer fra NASAs analyser af data fra rumsonden kan findes på: www.nasa.gov/mission_pages/deepimpact og www.jpl.nasa.gov/news.
- [4] Resultater fra observationer af kollisionen fra satellitter ESA deltager i (XMM, Rosetta, HST, m.fl.) kan findes på: www.esa.int.
- [5] En specialudgave af det amerikanske tidsskrift Science ventes udsendt i løbet af få uger med præsentation af de vigtigste resultater fra mange af de internationale projekter omkring kollisionen.



Uffe Gråe Jørgensen arbejder på Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet, indenfor stjernemodeller og Solsystemers dannelse.