

Er asteroider en trussel mod Jorden?

René Michelsen, Astronomisk Observatorium, NBIfAFG, Københavns Universitet.

Indledning

Vi hører ofte om jordnære asteroider (Near-Earth Objects/Asteroids, eller NEOer/NEAer) på kollisionskurs mod Jorden, for så nogle dage senere at erfare at dommedag endnu engang er blevet aflyst. Selv i mangel af trusler fra konkrete objekter bliver vi mindet om at enden er nær, at vi er truet af de mange ukendte asteroider der bevæger sig gennem rummet, og som når som helst kan ramme Jorden. Udover at mange af dommedagshistorierne er baseret på et helt utilstrækkeligt kendskab til asteroidernes baner, er der god grund til at antage en sund skepsis på dommedagsprofetierne. Læg mærke til ordet *sund*. For selv om dommedag er godt og underholdende stof i medierne, så historierne om farlige asteroider nemt bliver blæst ud af proportioner, så ligger der trods alt nogle faglige betragtninger til grund for historierne. Men som med de fleste ting er der mange aspekter det er nødvendigt at medtage, for at nå frem til en nuanceret opfattelse af problemet.

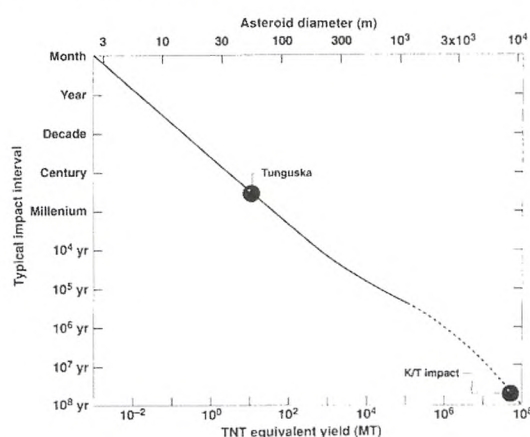
Kollisioner



Figur 1. Asteroiden (243) Ida, fotograferet den 28. august 1993 af Galileo-rumsonden. Læg mærke til kraterne på overfladen af Ida. Foto: NASA.

Her på Jorden har vi vidnesbyrd om asteroider som har ramt Jorden. Lejlighedsvis kan vi nyde de smukke stjernesud som følge af små støvkorn der brænder op i atmosfæren. Er asteroiden for stor til at den kan nå at brænde op i atmosfæren, kan den ramme jordoverfladen, og vi kan i heldige tilfælde samle resterne af asteroiderne op i form af meteoritter. Derudover findes der på Jorden en række krater dannet af asteroider der har ramt jordoverfladen med stor energi. Krafterne findes i mange størrelser, enkelte undtagelser er på 100 km eller mere i diameter. Men kraterne er ikke kun begrænsede

til Jorden. F.eks. finder vi dem også på Månen, Merkur og Mars. Selv på asteroiderne finder vi kraterne, se figur 1. Desuden kunne vi i 1994 følge kometen Shoemaker-Levy 9 da den ramte overfladen på Jupiter. Kraterne og kollisioner mellem legemer i Solsystemet er altså en helt naturlig ting for vores Solsystem, og er en vigtig mekanisme for udviklingen af vores Solsystem, siden det blev dannet for ca. 5 milliarder år siden. Det er derfor helt naturligt at forvente at Jorden også fremover bliver ramt af asteroider.



Figur 2. Estimat af den typiske hyppighed (lodret) mellem to kollisioner med Jorden, som funktion af asteroide-størrelsen (vandret, øverst), med omregning til den afsatte energi (vandret, nederst). Tunguska refererer til det ca. 50 m store legeme som lagde et stort område i Sibirien øde i 1908. K/T markerer størrelsen af den asteroide man formoder forårsagede dinosaurernes udslettelse på grænsen mellem kridt/tertiær tiden for ca. 65 millioner år siden. Figur fra [1].

Dette aspekt rejser naturligt spørgsmålet om hvor ofte en asteroide kolliderer med Jorden, og hvad konsekvenserne vil være. Et af de estimater der er blevet gjort, ses i figur 2. Man kan groft skelne mellem asteroider større eller mindre end 1 km, da de kilometerstore asteroider formodentlig kan forårsage globale påvirkninger, medens de mindre asteroider vil have begrænsede regionale eller lokale virkninger. Som vi måske ville forvente, vil en stor asteroide, mellem 1 og 10 km, afsætte betydelige mængder energi, men det sker dog relativt sjældent at et sammenstød af det omfang finder sted. Omvendt vil asteroider mindre end 1 km ramme Jorden relativt hyppigt, men den afsatte energi vil være begrænset. Vi har desuden lært at til forskel fra andre kendte naturkatastrofer tillader eksisterende teknologi faktisk at kortlægge asteroiderne og forudse et evt. nedslag måske årtier eller endog

århundreder i forvejen. Dette giver en principielt ny mulighed for enten helt at afværge nedslaget ved at puffe til asteroiderne, eller i det mindste at evakuere truede områder.

Det er dog her at den sunde skepsis for alvor skal sættes ind, da figur 2 indeholder begrænsninger på mange områder. Figuren er for det første et estimat som ikke er baseret på direkte målinger, men snarere på indirekte metoder, som f.eks. tælling af kratere på Månen. Den estimerede hyppighed er altså et gennemsnitstal for kollisionshyppigheden over en meget lang tidsskala, som ikke afspejler små og store variationer i hyppigheden. Ønsker vi derfor at lave en figur magen til figur 2, men som er gældende for vores tid, og derved bestemme den nutidige hyppighed mellem kollisioner, må vi først bestemme de jordnære asteroiders størrelsesfordeling, dvs. deres antal som funktion af størrelsen, og derigennem beregne hyppighederne (se også [2]).

Det andet problem med figur 2 er at vi selv med en nutidig udgave af figuren, ikke kan besvare spørgsmålet om hvorvidt Jorden er i overhængende fare for at blive ramt af en asteroide, da hyppighederne ikke kan omsættes til et absolut mål for hvornår Jorden bliver ramt næste gang. Vil man derfor besvare dette spørgsmål, bliver man nødt til at finde samtlige jordnære asteroider, bestemme deres baner, og for hver enkelt beregne om de inden for en årrække, typisk 100 år, vil ramme Jorden. Søgeprogrammer, som det amerikanske LINEAR [3], anvender jordbaserede teleskoper til at lede efter jordnære asteroider, i første omgang med fokus på asteroider større end 1 km. Disse er begrænsede i antal, skønnet 900-1000 styk, er relativt store og nemme at opdage, og vil have langt de største følgevirkninger efter et nedslag. Her må man dog igen huske, at netop disse store asteroider rammer Jorden meget sjældent, så vi skulle være ualmindeligt uheldige hvis Jorden blev ramt af så stor en asteroide, selv inden for et meget langt tidsrum fremover.

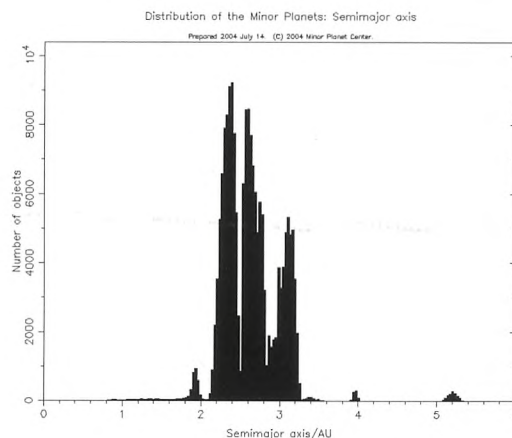
De små asteroider

Umiddelbart vil det således være en overdrivelse at forvente at Jordens undergang, som følge af en kollision med en kilometer stor asteroide, lurar lige om hjørnet, med mindre vi får sikre observationer der direkte peger på noget andet. Men som figur 2 indikerer, vil små asteroider, mindre end 1 km, kolliderer med Jorden med en gennemsnitligt hyppighed sammenlignelig med historisk tid. Selv om konsekvenserne af en sådan kollision ikke vil være altødelæggende, vil konsekvenserne lokalt være af betydeligt omfang, som det kendes fra Tunguska-episoden i Sibirien i 1908 (jvf. figur 2). Vi har altså brug for at studere de små asteroider nærmere.

I første omgang er det vigtigt at få afklaret den aktuelle kollisionshyppighed for de små asteroider, for at afgøre om det er nødvendigt at sætte massive ressourcer ind på et decideret varslingsystem. Hyppigheden kan

estimeres ud fra størrelsesfordelingen, men vores kendskab til denne fordeling er for de små asteroider yderst sparsomt. Dette skyldes at de mindre asteroider ikke er lige så lysstærke som de store, og derfor ikke kan opdages med søgeprogrammernes begrænsede effektivitet. Desuden skal de små asteroider være tæt på Jorden for at være lysstærke nok, men samtidig vil de bevæge sig meget hurtigt, og dermed være svære at observere. De mindste asteroider vil derfor kræve en anden teknologi, end man hidtil har anvendt (se omtalen af Bering-missionen i [2] og [4]). Figur 2 er derfor præget af stor usikkerhed hvad angår hyppigheden for asteroider mindre end 1 km.

Nu kunne man tro at store og små jordnære asteroider har samme størrelsesfordelinger, men dels ud fra kratertællinger og dels ud fra de direkte, men begrænsede, resultater af søgeprogrammerne, er der en kraftigt indikation af at de små asteroider har en stejlere fordeling, og at der altså findes flere af de små asteroider end man skulle forvente ud fra fordelingen af de store (se [5]). I kombination med overvejelserne om hvor de jordnære asteroider egentlig kommer fra, har dette åbnet op for en ny anskuelse af vores Solsystem.



Figur 3. Fordelingen af asteroider i Asteroidebæltet som funktion af den halve storakse. Kilde: Minor Planet Center. 1 AU eller AE er en *astronomisk enhed* – middelfaststanden mellem Jorden og Solen, ca. 150 mio. km.

I og med at de jordnære asteroider rammer de indre planeter og Solen, eller bliver slynget ud af vores Solsystem, må der eksistere en eller flere kilder, der konstant sørger for at sende nyt materiale indad i Solsystemet. Det har længe været kendt, at der i fordelingen af asteroider i Asteroidebæltet som funktion af den halve storakse er en række huller, kaldet Kirkwood-gab, se figur 3. Hullerne ved 2,50 AE, 2,82 AE, 2,96 AE og 3,28 AE er sammenfaldende med resonanser mellem asteroidernes og Jupiters middelfastbevægelser (den reciprokke værdi af omløbsperioden). Dog findes der samtidig stabile øer af asteroider ved andre sæt af resonanser, som f.eks. Hilda-gruppen ved ca. 4 AE. For Kirkwood-gabenes vedkommende, formodes det at de opstår ved et kompliceret sammen-

spil med sekulære resonanser med Saturn og Jupiter, dvs. resonanser mellem meget langsomme precessioner af banerne [6]. En asteroide der således havner i et af Kirkwood-gabene, vil meget hurtigt undergå en eccentricitetsforøgelse, og vandre indad i Solsystemet, hvor den med tiden vil overgå til at blive en jordnær asteroide.

Da asteroiderne hurtigt udtyndes i Kirkwood-gabene, og da de jordnære asteroider endvidere har en relativt kort levetid, må der kontinuerligt være en levering af asteroider til Kirkwood-gabene, hvis ikke populationen af de jordnære asteroider hurtigt skal forsvinde, i modsætning til hvad vi observerer i dag. Men hvordan kan en asteroide pludselig havne i et af Kirkwood-gabene? Den tilsyneladende forklaring er langt mere underfundig end man først skulle tro. Igen formodes det at kollisioner spiller en væsentlig rolle. Ved kollision mellem to asteroider i Asteroiddebæltet, kan man tænke sig en situation med en delvis eller total fragmentering af den ene eller af begge asteroider. Nogle af de dannede fragmenter kan havne i baner forskellige fra de to moderlegemers, og dermed ende op i et af Kirkwood-gabene. Det leder os imidlertid til at formode, at der er en vis sammenhæng mellem udvalgte kollisioner i Asteroiddebæltet, og den tidlige variation af størrelsesfordelingen af de jordnære asteroider og i fluxen af meteoritter på Jorden. Set over lange tidsrum (mere end 100 millioner år), vil udsvingene muligvis være små i forhold til middelværdien i figur 2, men med en målelig effekt for os på Jorden (se [7]).

Denne forklaring er dog ikke fuldstændig. Det har vist sig, at ikke-gravitationelle, termiske kræfter kan spille en stor rolle for ændringen af en asteroides bane, og dermed for leveringen af materiale til Kirkwood-gabene. Et eksempel herpå er Yarkovsky-effekten, en termisk inhomogenitet, som bl.a. opstår når den side af asteroiden der peger mod Solen, og dermed opvarmes, roterer bort fra Solen, og afgiver sin varme i et koldere område [8]. Varmedefugningen vil dermed fungere som en lille raketmotor¹. En tilsvarende effekt (forårsaget af relativistisk aberration) kaldes Poynting-Robertson friktion. Selv om disse effekter er små, og dermed kræver lange tidsrum for en betydelig ændring af en asteroidebane, er det dog særligt karakteristisk at de er mest effektive på små asteroider. Desuden kan disse termiske kræfter forårsage en udvalgs effekt, da de bl.a. afhænger af materialets varmeledningsevne, og dermed af asteroidens sammensætning og taxonomiske type (jvf. [4]). Blandt de jordnære asteroider forventes derfor en relativ overhyppighed af visse typer asteroi-

der, frem for andre.

Det er således ikke muligt at sige noget om jordnære asteroiders kollisionshyppighed med Jorden, uden at have et bedre begreb om deres størrelsesfordeling. Omvendt har dette spørgsmål altså vist sig at være fundamentalt koblet til de processer der hersker i Asteroiddebæltet, og der er et kraftigt videnskabeligt incitament til at undersøge tingene nærmere. For de jordnære asteroiders vedkommende, vil vi forhåbentlig få mere information om størrelsesfordelingen af de 50 m - 1 km store jordnære asteroider, når det jordbaserede Pan-STARRS projekt i sin opstartsfas i 2006-2008 begynder at lede efter netop disse små asteroider².

Risikoanalyse

Også i risikoanalysen for den enkelte asteroide, finder vi et stort, udækket behov for mere viden. Risikoanalysen er i dag kvantiseret i form af henholdsvis den populært orienterede Torino-skala, og den tekniske Palermo-skala. Torino-skalaen³ klassificerer en asteroide ud fra det øjeblikkelige kendskab til asteroidens bane, og den øjeblikkelige sandsynligheden for at asteroiden rammer Jorden, samt asteroidens størrelse. Palermo-skalaen⁴ vurderer den aktuelle kollisionssandsynlighed for den enkelte asteroide i forhold til baggrundspopulationen. Som nævnt ovenfor, er den stadige sandsynlighed for at en asteroide kolliderer med Jorden lille, men ikke nul, og Palermo-skalaen vurderer det enkelte tilfælde i forhold til denne baggrundssandsynlighed.

Fælles for begge disse skalaer er at det ikke er nok at den enkelte asteroiden opdages, dens bane skal også bestemmes. Dette kan i sig selv være en udfordring, når der ikke er fleksibel adgang til teleskoper rundt om på Jorden. Specielt risikerer man at en asteroide blev opdaget mens den var lysstærkest, og at man derfor har brug for et betydeligt større teleskop, end det der blev anvendt til opdagelsen, for at kunne sikre en bestemmelse af banen [9]. Endvidere skal man kende asteroidens størrelse, hvilket bestemt ikke er trivielt at bestemme, da størrelsen igen afhænger af albedoen, som er både vanskelig og tidskrævende at bestemme.

Et karakteristisk træk ved risikoenalysen er derfor at man skal være omhyre varsom med at trække alt for store konklusioner fra den. For en nyopdaget jordnær asteroide vil man på det pågældende tidspunkt kun kende dens bane dårligt og have et ringe estimat af dens størrelse. Man kan derfor ikke lave en absolut risikovurdering, højst har man et groft skøn over hvor godt eller dårligt bestemt dens bane er, og en vurdering af sandsynligheden for en kollision med Jorden inden

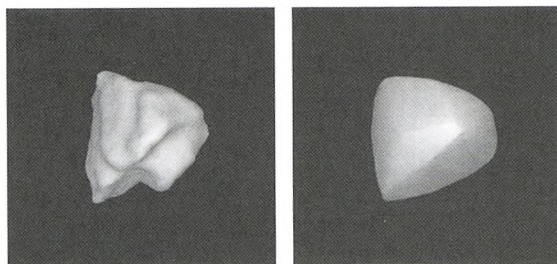
¹Yarkovsky-effekten har foranlediget forslaget om at man kan ændre banen af en asteroide med kurs mod Jorden, ved at male overfladen af asteroiden hvid. Dermed vil man kunne forstærke effekten af denne termiske raketmotor, men det vil kræve at man finder asteroiden i god tid. Apropos, har jeg som symbolsk gave fået foræret en bønne med 100 ml hvid maling, dog næppe nok til at udgøre et egentligt beredskab mod jordnære asteroider.

²Forventningerne til Pan-STARRS er for hver 7. dag at kunne afsøge hele den del af himlen der er synlig fra Hawaii til 24. størrelsesklasse. Projektet vil forventeligt finde 3000 nye asteroider per nat. For yderligere oplysninger, hold øje med: <http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public>.

³Se f.eks. <http://impact.arc.nasa.gov/torino/prof.html>.

⁴Se <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/doc/palermo.html>.

for den usikkerhed man har i fremskrivningen af banen. Alle disse tal ændrer sig, ofte drastisk, efterhånden som flere observationer af asteroiden giver en bedre bestemmelse af banen. Disse grove skøn berettiger langt fra de hyppigt anvendte dommedagsoverskrifter, men skal i stedet for opfattes som behov for flere observationer, for at kunne skaffe den egentlige risikoanalyse et tilstrækkeligt solidt grundlag. Når alarmerne som oftest straks kan afblæses, er det fordi astronomerne har arbejdet ihærdigt på at skaffe de nødvendige nye og mere præcise observationer af banen.



Figur 4. Formen af asteroiden (6489) Golevka. Billedet til venstre er baseret på radarobservationer, figuren til højre på klassiske optiske observationer af asteroidens lyskurve under forskellige geometriske forhold. Figur fra [13].

Som sagt er det dog ikke nok at bestemme asteroidens bane, vi bliver også nødt til vide noget om dens fysiske egenskaber, som minimum asteroidens størrelse og albedo, men også gerne dens geologiske sammensætning, rotationsperiode, orientering af rotationsaksen, samt dens form. Netop dette behov for et bredere aspekt i både risikoanalysen og i det videnskabelige samarbejde, har man særligt tydeligt erkendt i Europa. Den engelske regering nedsatte i år 2000 en arbejdsgruppe [10] med henblik på at udarbejde en sammenfattende rapport om vores nuværende viden om asteroider, problemets omfang, civile konsekvenser ved et nedslag, samt om mulige metoder til at imødegå en eventuel kollision, inkluderende en række konkrete anbefalinger. Dette var det første arbejde af sin art, og første gang at det blev påpeget at det ikke er nok blot at lede efter de farlige asteroider, men at vores erkendelse af kollisionsrisikoen involverer mange andre elementer. Især at der er tale om en global erkendelse og et globalt problem, som ikke kan overlades til et enkelt land at tage sig af. Af samme årsag blev der i 2002 nedsat en international arbejdsgruppe til at behandle emnet under OECDs Global Science Forum, hvis opgave er at analysere globale videnskabelige problemer ud fra de industrialiserede landes ønsker om rationel planlægning af ressourcerne. Denne arbejdsgruppes konklusioner peger også i retning af et globalt samarbejde om risikoanalysen, noget som er absolut fraværende i dag.

Et eksempel på et sådant samarbejde, som involverer andre elementer i risikovurderingen end den klassiske banebestemmelse, finder man i de nordiske lande Finland, Sverige, Norge og Danmark. Disse lande er fælles om et større projekt på det Nordisk-Optiske Teleskop

(NOT) på La Palma, som har som mål at afdække størrelse og form af en mængde jordnære asteroider, se figur 4. Projektet, ved navn Nordic NEON (Near-Earth Object Network) [11], støttes desuden i sommeren 2004 med observationer fra det danske 1.5 m teleskop i Chile, under Instrumentcenteret for Dansk Astrofysik (IDA). Udover det fundamentale videnskabelige aspekt af disse observationer, må både risikoanalysen og et eventuelt beredskab mod jordnære asteroider, ideelt set også basere sig på observationer af den art.

Konklusion

Vi har lært at se på kollisioner som en helt naturlig proces i forhold til den kosmiske tidsskala. Derfor er det klart, at asteroidenedslag vil forekomme i fremtiden. De lange tidsrum og potentielt enorme ødelæggelser gør det dog vanskeligt at vurdere risikoen i forhold til andre kendte naturkatastrofer som jordskælv, vulkanudbrud eller oversvømmelser.

Her er det dog nødvendigt at slå helt fast, at vi med vores nuværende viden om de jordnære asteroider, ikke har noget grundlag for at opildne til frygt eller panik for at vi er i overhængende fare for at blive ramt af en asteroide. Udgangspunktet for at studere asteroiderne er først og fremmest den videnskabelige ramme asteroiderne indgår i. Gennem dette arbejde lærer vi både en masse nyt om vores Solsystem, men også om kollisionsprocesserne, og om hvordan de påvirker Jorden. Samtidig ser vi at både bestemmelsen af den nuværende kollisionshyppighed, samt den efterfølgende risikoanalyse, kan gøre stærkt brug af den videnskabelige viden om asteroider. Denne kobling medvirker at en egentlig risikoanalyse må og skal baseres på et videnskabeligt fundament, og at kollisioner med Jorden ikke kan betragtes som et isoleret problem. Et program som det kommende Pan-STARRS, netop rettet mod afdækning af kollisionshyppigheden, vil samtidig være stærkt medvirkende til at øge vores viden om asteroiderne.

Litteratur

- [1] C.R. Chapman, D. Morrison (1994), Impacts on the Earth by asteroids and comets: assessing the hazard. *Nature* bind 367, side 33.
- [2] J.L. Jørgensen, A.C. Andersen, H. Haack, R. Michelsen (2002), Bering - en lille rumsonde med et stort navn. Danmarks første deep-space mission. *KVANT* bind 2, side 26.
- [3] LINEAR: www.ll.mit.edu/LINEAR/
- [4] R. Michelsen, J.L. Jørgensen, H. Haack, A. Andersen (2002), Asteroider meteoritter og Bering. *KVANT* bind 1, side 15.
- [5] S.C. Werner, A.W. Harris, G. Neukum, B.A. Ivanov (2002), The Near-Earth Asteroid size-frequency distri-

bution: A snapshot of the lunar impactor size-frequency distribution. *Icarus* bind **156**, side 287.

- [6] M. Moons, A. Morbidelli (1995), Secular resonances in mean motion commensurabilities: The 4/1, 3/1, 5/2 and 7/3 cases. *Icarus* bind **144**, side 33.
- [7] H. Haack, P. Farinella, E.R.D. Scott, K. Keil (1996), Meteoritic, asteroidal and theoretical constraints on the 500 Ma disruption of the L chondrite parent body. *Icarus* bind **119**, side 182.
- [8] W.F. Bottke Jr., D. Vokrouhlický, D.P. Rubincam, M. Brož (2002), The effect of the Yarkovsky thermal forces on the dynamical evolution of asteroids and meteoroids. Findes i: W.F. Bottke Jr., A. Cellino, P. Paolicchi, R.P. Binzel (eds.), *Asteroids III* (2002), The University of Arizona Press, side 395.
- [9] A. Boattini, G. D'Abramo, H. Scholl, O.R. Hainaut, H. Boehnhardt, R. West, M. Carpino, G. Hahn, R. Michelsen, G. Forti, P. Pravec, G.B. Valsecchi, D.J. Asher (2004), Near Earth Asteroid search and follow-up beyond 22nd magnitude. A pilot program with ESO telescopes. *Astronomy & Astrophysics* bind **418**, side 743.

[10] The NEO Information Centre:
www.nearearthobjects.co.uk.

[11] Nordic NEON:
Hjemmeside, folk.uio.no/tommygr/ngspb.html;
Obs., www.astro.helsinki.fi/~psr/NEO/not_obs.html.

[12] M. Kaasalainen, S. Mottola, M. Fulchignoni (2002), Asteroid models from disk-integrated data. Findes i: W.F. Bottke Jr., A. Cellino, P. Paolicchi, R.P. Binzel (eds.) *Asteroids III* (2002), The University of Arizona Press, side 139.



René Michelsen er phd.-studerende i astronomi ved Niels Bohr Institutet fAFG, Københavns Universitet, med speciale i jordnære asteroider.

KVANT-nyheder

Michael Cramer Andersen

Exoplanet på bare 14 jordmasser opdaget

Et hold af astronomer fra Portugal, Frankrig og Schweiz har opdaget en exoplanet på blot 14 gange Jordens masse. Planeten kredser omkring stjernen μ Arae, der befinder sig 50 lysår fra Jorden. Det er den hidtil letteste exoplanet – omtrent som planeten Uranus – idet de tidligere opdagede exoplaneter har masser på over 60 gange Jordens masse og de fleste på flere hundrede gange Jordens masse. Opdagelsen blev gjort med instrumentet HARPS, der kan måle radialhastigheder med en præcision på bedre end 1 m/s. Instrumentet er installeret på ESOs 3,6 meter teleskop på La Silla i Chile og der er afsat 100 observationsnætter hvert år i fem år med det formål at opdage stadigt mindre exoplaneter. I forhold til det tidligere anvendte CORALIE-instrument, er observationstiden reduceret 100 gange og nøjagtigheden forøget 10 gange.

Der var allerede detekteret en planet af Jupiter-

størrelse med en omløbstid på 650 døgn omkring stjernen μ Arae. Astronomerne ville bekræfte dette og bestemme baneparametrene med HARPS. Det afgørende var dog, at de samtidig undersøgte stjernens akustiske oscillationer indenfor det der kaldes astero-seismologi. Det var i analysen af disse 8 dage lange observationer, at en ny planet dukkede op med meget kort omløbstid – bare 9,5 dage.

Man ved intet om den nye planets fysiske opbygning. Den kan i princippet ligne Uranus som er opbygget af gas med en fast kerne af is. Men den korte omløbstid betyder, at planeten er meget tættere på stjernen og det er derfor mere sandsynligt, at det er en "Super-Jord" bestående af faste klipper og måske en tyk atmosfære ligesom Venus? Opdagelsen er et vigtigt skridt i retning af at finde jordlignende planeter.

Kilde: www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2004/pr-22-04.html