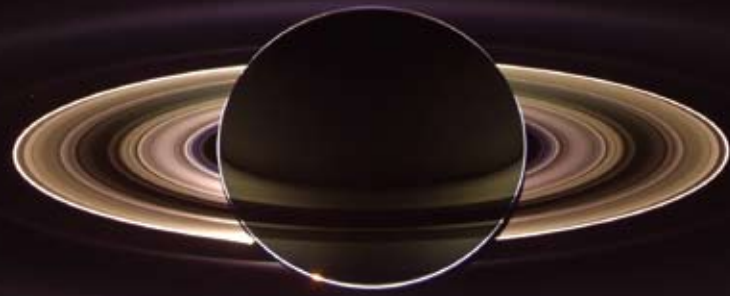


FN erklærte 2009 som Det internasjonale astronomiåret for å markere at det er 400 år siden Galileo Galilei dokumenterte de første astronomiske observasjoner med teleskop og Johannes Kepler publiserte *Astronomia Nova*. I den anledning beskriver paleontolog Robert W. Williams i Oljedirektoratet geologien på en av Saturns måner.

Iskloden

For jordiske geologer synes Saturns lille ismåne Enceladus eksotisk. Men i likhet med jordkloden er den hard utenpå og myk inni. Et mykt indre krever energi. På Enceladus er det en energikilde utenfra som skrur opp varmen.

Enceladus er den mørke flekken på innsiden av den lyse flammelige strukturen inne i Saturns E-ring. Fontener av frossen vann-damp kastes ut i bane rundt Saturn fra geyserer på Enceladus. Dette danner E-ringene. (foto: Nasa/JPL/Space Science Institute)



Saturn fotografert da Cassini passerte gjennom Saturns skygge. Detaljer i ringene bli mer tydelige når solen belyser dem bakfra. E-ringene omgir hele systemet. Isvulkaner på Enceladus tilfører ispartikler til E-ringene. Enceladus kan skimtes i E-ringene ytterst til venstre. 1,3 milliarder kilometer i bakgrunnen, like over den venstre kanten av de lyse hovedringene, er jorden synlig som et blått punkt. (foto: Nasa/JPL/Space Science Institute)

Det ytre rom inneholder store mengder vann. Dette skyldes delvis at hydrogen er det vanligste grunnstoffet i universet. Oksygen og de andre atomene som er tyngre enn hydrogen og helium (bortsett fra litt litium og beryllium), er dannet i kjernen til kjempestore stjerner. Hele den periodiske tabellen av grunnstoffer blir kastet ut i galaksen når tunge stjerner eksploderer i en voldsom død etter et kort liv. Gassen og støvet som oppstår utgjør de kalde, mørke, molekylære skyene som vi ser med det blotte øyet som et dunkelt slør som strekker seg over Melkeveien.

Mørke skyer

Vårt solsystem ble dannet for 4,5 milliarder år siden. Det skjedde da en gassklump i en mørk molekylær sky i ytterkanten av Melkeveien kollapset på grunn av tyngdekraften. Også i dag kan astronomer observere utallige kollapsede gasståker i vår galakse.

Skyen av stjernestoffet som ble til vårt solsystem kalles soltåken. Den bestod av gass, is og steinstøv. Hydrogen og helium utgjorde 98 prosent av skyens masse, resten var vann-is, is, metan og frossen ammoniakk. Bare en halv prosent av skyen bestod av steinstøv med korn på størrelse med røykpartikler.

Kolossale mengder vann ble resultatet av reaksjoner mellom hydrogen og oksygen i den kalde utkanten av den

nyfødte soltåken. Det ble dannet et mangfold av isklumper i støvsken ved at ispartikler klumpet seg sammen.

De fleste av disse isklumpene ble kometer og dvergplaneter. Resten av isen ble enten absorbert av, eller de dannet måner til, de kjempemessige ytre planetene Jupiter, Saturn, Uranus og Neptun. Ismånene rundt disse planetene er geologiske juveler. Det finnes mange ulike typer måner, og på enkelte av dem foregår det geologiske prosesser som tilsvarer prosesser på jorden, for eksempel skorpedannelse og plate-tektonikk.

Før Galileo Galilei studerte himmelen over Toscana gjennom et lite teleskop i 1610, var det bare åtte kjente legemer i vårt solsystem: seks planeter, solen og vår egen måne. Galileo oppdaget fire nye himmellegemer; Jupiters største måner, omtalt som de galileiske måner: Io, Europa, Ganymedes og Callisto. Saturns fem største måner ble også oppdaget på 1600-tallet av Christiaan Huygens og Giovanni Domenico Cassini. Nye oppdagelser skjedde stadig oftere i århundrene som fulgte, ettersom optisk teknologi stadig ble mer avansert. Etter 1977 ble de fleste nye månene oppdaget av fire roboter som ble sendt til de ytre planetene: to Voyager-sonder i 1977, Jupiter-sonden Galileo i 1994 og den mest avanserte roboten av alle, Saturn-sonden Cassini, i 1997. Den er fortsatt i utmerket stand og overfører kontinuer-

lig ny informasjon om Saturn med sine 60 måner.

Enceladus

Data innsamlet av sonden Cassini, viser at den lille ismånen Enceladus er et av de mest geologisk aktive legemene i solsystemet. Varme fra Enceladus' indre er drivkraften bak geysirer som kaster fløyelaktige faner av is hundrevis av kilometer opp over ismånen. Den tynne E-ringene, en av Saturns ytterste ringer, er blitt til av utbrudd på Enceladus.

Sonden Cassini har også påvist en besynderlig form for platetektonikk på Enceladus, hvor ny skorpe trenger ut av spredningsrygger bare på den ene siden. Det er som en jordisk subduksjonssone i revers!

Varmeutvikling på Enceladus er overraskende tatt i betraktning at månen er så liten. Den er bare 500 kilometer i diameter og er den sjetteste største av Saturns 60 måner. Til sammenligning har jordens måne en diameter som er sju ganger større, volumet er 336 ganger større og den har tusen ganger mer masse enn Enceladus. Til tross for størrelsen, utvikler ikke vår måne varme. Den er geologisk sett et dødt legeme. Det skjer ingenting på månen, bortsett fra et og annet sjeldent meteornedslag. Det siste store nedslaget på månen, nå kjent som Tycho-krateret, fant sted for 100 millioner år siden.

Mens Enceladus' indre kan være så varmt som null grader celsius, er over-

Enceladus er en tektonisk aktiv måne av Saturn som består hovedsakelig av is. Et tydelig tektonisk skille er synlig øverst på kloden. Dette er Labtayt Sulci, en rift som er en kilometer dyp. Legg merke til fravær av kratere over store områder. (foto: Nasa/JPL/Space Science Institute)



flaten ekstremt kald, blant det kaldeste i solsystemet. Overflatetemperaturen blir -201 grader celsius på det varmeste. Overflaten er så ekstremt kald fordi denne lille månen er usedvanlig hvit.

Det finnes ikke noe annet i solsystemet som er så hvitt som Enceladus. Den er hvitere enn nyfallene puddersnø. Overflaten reflekterer 99 prosent av sollyset. Dette forteller at noe foregår på Enceladus som forbruker energi. Det krever energi å holde en hvit overflate ren i solsystemet, som inneholder støv. I likhet med jorden har Enceladus store områder som ikke er gjennomhullet av kratre. Det må eksistere en mekanisme som gjør at Enceladus er dekket av fersk is og som også resirkulerer skorpen. Hva slags energikilde kan en så liten, forfrosen klode ha?

Energi

Jorden og Enceladus har til felles et varmt indre og stadig fornyelse av skorpen, men der slutter også likheten. Jordens kjernetemperatur er 6000 grader celsius, det samme som temperaturen på solens overflate. Jordens indre kjerner er nesten like stor som månen, og den ligger 5000 kilometer under føttene våre. Dersom vi kunne se jordens sen-

trum, hadde den indre kjernen dekket like mye av synsfeltet som en ball med en diameter på 35 centimeter - holdt på en armlengdes avstand. Den ville ha blitt opplevd som 285 ganger lysere og 2000 ganger varmere enn solen, fordi den har 285 ganger større vinkelareal og sju ganger større tetthet en solens overflate. Jordens kjerner og mantel er varm, fordi tunge, ustabile atomer stadig brytes ned til lettere atomer. Denne prosessen frigir energi. Heldigvis blir ikke jordskorpen varmere av dette. Jorden bruker energien til å fornye jordskorpen og sender overskuddsvarmen ut i verdensrommet i samme takt som den produseres.

I motsetning til jorden, mangler kanskje Enceladus de ustabile atomene som er nødvendige for å produsere energi i kjernen sin. Tetthetsmålinger fra Saturnsonden Cassini tyder på at Enceladus er et lagdelt legeme med en stor silikatkerne omgitt av en mantel som består av vann. Kjernen er altså laget av det samme silisium-oksygenbaserte materialet som jordskorpen. Jordens mantel består av et metallrikt, silikatfettig materiale. Enkelt sagt er jorden laget av smeltet stein på innsiden og frosen stein på utsiden, mens Enceladus

er laget av "smeltet" vann på innsiden og frosset vann på utsiden. Den er en vannkule dekket av is, med en kjerne av stein i midten. For å forstå energikilden til Enceladus, må vi forstå hvor bisarr tyngdekraften er.

Tautrekking

Tyngdekraften strekker ting. Tidevann på jorden skyldes ikke at månen tiltrekker seg havet, men at månen strekker hele jorden. Hav er mer tøyelig enn fjell og blir strukket mer. I tautrekking blir tauet strukket like kraftig i begge retninger, uansett i hvilken ende det sterkeste laget trekker. Vinnerlaget tilfører mer kraft på tauet enn det tapende laget. Men for tauet er den ekstra kraften fra vinnerlaget nøyaktig den samme, selv om begge lagene trekker i samme retning!

Derfor er det høyvann samtidig på motsatte sider av jorden. Månens tiltrekningskraft er størst på den siden som er nærmest månen og minst på motsatt side. Summen av disse to kreftene strekker jorden, slik at den blir ellipsoid, som et egg, med hovedaksen rettet mot månen. Et stort legeme som befinner seg i gravitasjonsfeltet til et annet stort legeme, blir strukket til en

ellipsoide. Dersom legemene roterer, vil rotasjonsenergien skape friksjon. Rotasjonsenergi blir da omdannet til varme. Det er delvis forklaringen på at jordens rotasjon blir langsommere over tid. Jorden roterer raskere enn månens omløpstid. Dette overfører energi til månen på bekostning av jordens rotasjonshastighet. Jordens døgnlengde blir lenger og måneavstanden øker med ca. fem centimeter per år.

Vi mennesker betrakter tyngdekraft utelukkende som en kraft som tiltrekker. Årsaken til at vi ikke legger merke til at vi også blir strukket, er at vi er så små. Hvis vi var så store som Enceladus og befant oss i Saturns mye sterkere gravitasjonsfelt, så hadde vi kjent strekket og følt varmen.

Afrodites mor

I likhet med månen, roterer ikke Enceladus sett fra sin moderplanet. Den vender alltid samme side mot Saturn. Tidevannsfriksjon stoppet rotasjonen til Enceladus for lenge siden, slik den har gjort med alle månene til de store planetene. Enceladus har ingen rotasjonsenergi som kan omgjøres til varme gjennom tidevannsfriksjon.

Men Enceladus har en søster som

liker tautrekking! Hennes navn er Dione, Afrodites mor.

For hver gang ismånen Dione går rundt Saturn, fullfører Enceladus to omløp. Omløpsperioden til disse månene er resonant. Dette er en stabil situasjon som måne- og planetbaner streber mot over lang tid. Diones tyngdekraft er for svak til å strekke Enceladus i særlig grad når de passerer hverandre. Men Diones tyngdekraft forstyrrer banen til Enceladus slik at den blir mer elliptisk. Enceladus beveger seg derfor i ulik avstand fra Saturn i hver omløp. På denne måten varierer strekkintensiteten forårsaket av Saturn kontinuerlig, som et trekkspill. Den elliptiske banen til Enceladus opprettholdes på bekostning av bevegelsesenergien til Dione.

Diones forstyrrelse og strekket fra Saturn gir Enceladus den energien som skal til for å gjøre den geologisk aktiv.

Det finnes mange andre iskloder i vårt solsystem. Alle har sin egen historie å fortelle. På hver planet og måne foregår det enten variasjoner av jordiske mekanismer, eller prosessene er totalt ulike de som foregår på jorden. Ved å studere andre kloder, øker den geologiske kunnskapen vi har skaffet oss ved å studere vår egen planet. ❄



Saturnmånen Enceladus er bare 505 kilometer i diameter. Den er liten nok til å passe innenfor lengden av Storbritannia. (illustrasjon: Nasa/JPL/Space Science Institute)

Legemer i alle størrelser

Etter at Galileo Galilei oppdaget Jupiters fire største måner i 1610, har astronomer oppdaget mer enn 500 000 legemer i solsystemet. De minste har en diameter på noen få meter, den største har en diameter på mer enn 51 000 kilometer (Uranus). Overvåkingsteleskoper oppdager flere tusen nye himmellegemer hvert år. Av de 500 000 som er oppdaget siden 1610, har bare 80 en diameter på mer enn 400 kilometer. Mange av disse er måner til de kjempegassplanetene Jupiter, Saturn, Uranus og Neptun. De største er formet som en ball, fordi tyngdekraften trykker sammen iskloder til kuler hvis de er større enn 400 kilometer i diameter. Ny kartlegging avdekker stadig store mengder små, runde iskloder utenfor Neptuns bane. Disse kalles dvergplaneter. Pluto er den best kjente. Legemer som er mindre enn 400 kilometer i diameter er formet som poteter. De fleste går i baner rundt sola og kalles asteroider og kometer, avhengig av hvor mye is de består av. Hvis de går i bane rundt planeter, kalles de måner, uansett hva de er laget av.

Subduksjonssone: tektonisk skille der skorpe blir skjovet ned og smeltet om.

Romsonden Cassini tok dette bilde av Saturns måne Enceladus 21. november 2009. Det viser ismånenes sydpol, hvor isvulkaner kaster frossen vandamp flere hundre kilometer over bakken fra sprekker på overflaten. (foto: Nasa/JPL/Space Science Institute)

