

# LIVETS MILSTOLPAR

■ Hur har livet utvecklats? Under de 3,8 miljarder år som gått sedan jorden såg de första spåda tecknen på liv, har den upplevt en del dramatiska förändringar. Kontinenterna har flyttat sig, i stort sett allt liv har utplånats fem gånger, och många djur har tillkommit.

Livet som vi känner det är bara en parentes i jordens 4,6 miljarder år långa historia. Tänker man sig tiden från att jorden bildades till i dag på en urtavla med 24 timmar, så har allt det liv som vi tar för givet uppstått de tre senaste timmarna. Alltså: bildades jorden vid midnatt, klockan 00.00, så kom de första fiskarna, växterna, insekterna och däggdjuren till mellan 21.00 och 22.30 – för mellan tre och en och en halv timme sedan. Sett

i detta perspektiv dog dinosaurierna ut för bara 21 minuter sedan; människans första förfader föddes för knappt två minuter sedan, och den moderna människan, *Homo sapiens*, har med sina 200 000 år på jorden bara existerat i fyra sekunder. För att komma dit vi är i dag har livet på jorden tagit några enorma kvantsprång och även förmått uppstå i nya former varje gång jorden har drabbats av en massutrotning. ■

## SÅ BILDAS ETT FOSSIL

Fossil är en stor del av skälet till att vetenskapsmän kan säga så mycket om hur livet på jorden såg ut för flera hundra miljoner år sedan. Här visas en typisk fossilbildning.



1. Död. Djuret eller växten dör.



2. Begravning. Djuret begravs under slam.



3. Förstening. Slammet blir till sten, och skelettet ersätts av mineraler.



4. Fossil. De hårda kroppsdelarna kan nu skönjas i sten.



De flesta fossil finns som avtryck i sten, men ibland hittar man dem även i material som lera och bärnsten. Till vänster: ammonit i krita, till höger, överst: trilobit i sten, till höger, nederst: insekter i bärnsten.

## FOSSIL OCH DATERING

När jordens historia skall undersökas är fossil ett viktigt redskap, eftersom de berättar hur och när olika djur har levt. Fossil är lämningar av levande organismer, där skelettet, skalet eller träet har mineraliserats. De hittas för det mesta som avtryck i sten, men dyker i sällsynta fall även upp i andra material som tjära, kvicksand eller bärnsten.

I det sistnämnda hittar man i synnerhet små insekter. De har fastnat i en klump kåda, som efter 30 till 50 miljoner år blivit till bärnsten. Fossil i bärnsten är ofta otroligt välbevarade, eftersom en av kådans egenskaper är att den omedelbart hejdar nedbrytningsprocessen.

Ett fossils ålder kan avgöras på olika sätt. Det mest precisa är dend-

rokronologin, som kan datera ett stycke trä till ett visst år och till och med ange om det fälldes på sommaren eller vintern. Denna metod når dock bara 12 000 år bakåt.

Inom paleontologin använder man i stället så kallade radiometrisk mätningar, som bygger på att ett grundämne med tiden blir till ett annat när radioaktiva isotoper sönderfaller. Eftersom processen sker med en fast hastighet kan bergarter som innehåller isotoperna dateras.

Den äldsta radiometrisk mätningen är kol 14-metoden. Den kan datera ben med 100 års noggrannhet, men täcker bara de senaste 100 000 åren. Så paleontologer använder andra radiometrisk metoder för att datera äldre saker. ■

## De tidigaste spåren av liv

De äldsta spåren av liv är 3,8 miljarder år gamla kolrester, som troligen lämnades av någon typ av mikroorganism, som levde i haven.

Fynden kommer från klippor på Östgrönland och hittades år 2000 av den danske geologen Minik Rosling. Innan dess ansåg man inte att jorden över huvud taget var kapabel att producera liv så tidigt, eftersom jorden vid den tidpunkten utsattes för

kraftiga meteoritnedslag. Denna föreställning förändrades av Minik Rosings kollynd.

I Kanada och USA har man funnit omkring 2,2 miljarder år gamla fossil av en typ av organism som forskarna fortfarande inte är riktigt säkra på vad den är för något. Den går under namnet *Grypania* och förmodas ha varit antingen en storcellig bakterie eller en alg av något slag.

## Flercelliga organismer

De äldsta fossilen efter flercelligt liv är 1,2 miljarder år gamla och härrör också från ett slags alg vid namn *Bangiomorpha*.

Den är inte bara det äldsta beviset för flercelliga organismer utan visar även de allra första små tecknen på könlig förökning. Den banar sedermera vägen för de mer komplexa djuren.

5 miljarder år sedan

4 miljarder

3 miljarder

2 miljarder

1 miljard

Era

Prekambrium

- ☐ Solen bildas

- ☐ Jorden (t h) och månen bildas

- ☐ Mikroorganismer lämnar efter sig kolrester

- ☐ De första bergen bildas

- ☐ De första flercelliga organismerna

Period



## DEN KAMBRISKA EXPLOSIONEN

Traditionellt har kambrium betraktats som den geologiska period då de första komplexa, flercelliga djuren uppstod. I dag tyder mycket på att flera av de komplexa, flercelliga djuren uppstod lite tidigare än så, nämligen i slutet av prekambrium.

Det förändrar dock inte att perioden omkring kambriums början markerade starten på de flercelliga djurens tidsålder. Trots att det inte fanns något liv på land dök många nya arter fram under vattnet. Det har gett perioden tillnamnet den kambriska explosionen.

Den amerikanske paleontologen Charles Walcott har hittat mer än 70 000 fossil från mitten av kambrium, däribland bepansrade leddjur, musslor och nästan alla huvudgrupper av ryggradslösa djur. *Pikaia*, som är ryggradsdjurens och därmed människans stamfader, härrör från kambrium.

Även om det i dag diskuteras huruvida vi bara haft turen att hitta så många fossil från kambrium, vittnar en rad fynd från Nordgrönland, Kina och Kanada om ett rikt djurliv, som plötsligt uppstod under perioden.



Marrella splendens



Amiskwia sagittiformis

Den geologiska perioden kambrium bjöd på ett ymnighetshorn av vattenlevande arter med säregna former. Till vänster är *Marrella splendens*, till höger *Amiskwia sagittiformis*.



Burgess Shale i Kanada är en av de platser där man hittat ett rikt urval av djur från den kambriska explosionen. Från början var området täckt av vatten och låg i ett varmt rev på den nordamerikanska kontinentens kant.

## Havets djur

Jordens första djur levde i havet. Det var nämligen där livet uppstod, och där de första egentliga djuren utvecklades.

Det tidiga marina livet dominerades av organismer som i dag är antingen utdöda eller mycket mindre utbredda. Bland de vanligaste var armfotingarna (brachiopoder), bläckfiskar (cephalopoder) och de krävande trilobiterna. Vid slutet av perm för-

ändrade en stor massutrotning på dramatiskt vis livet i havet. Musslorna tog dock efter hand makten, både ben- och broskfiskar utvecklades, och havslevande kräldjur som sköldpaddor och kräldjur tillkom. Livet i havet som vi känner det i dag tog form först efter den stora utplåningen under krita. Då försvann de flesta marina kräldjuren, men i stället utvecklades benfiskarna, och havsdaggdjuren uppstod.



## LIVET KRÖP UPP PÅ LAND

I slutet av perioden silur fick det första livet i form av växter fotfäste på land. Det rörde sig om små kransalger, som från att ha flutit omkring fritt i vattnet intog de stora, grunda områdena längs kusterna. Under den följande perioden, devon, utvecklade växterna rötter och blad, och i synnerhet ormbunkar, fräken och lummer bredde ut sig i fuktiga områden på det mesta av jorden.

Att växterna gick iland skapade nya möjligheter, och de första leddjuren som tusenfotingar, skorpioner och insekter följde efter. Fiskarna utvecklade lungor, och i slutet av devon gick även de iland.

Urgroddjuret var de tidigaste fyrbenta landdjuren, och *Ichthyostega* är den äldsta art vi känner till. Den hade ett helt skelett, men både svans och tänder påminde ändå en hel del om fiskens. ■



Det äldsta kända fyrbenta landdjuret är arten *Ichthyostega*, som levde i slutet av perioden devon för omkring 360 miljoner år sedan.

## KONTINENTERNA

Amerika och Europa glider just nu från varandra med en hastighet av fyra centimeter om året. Det kanske inte låter som så mycket, men på flera miljoner år ger det en rejäl ommöblering av geografien. Sedan land uppstod ur havet, har det rört på sig. Kontinenterna har hängt samman och skiljts åt igen. Det har haft stor betydelse för livets utveckling.

När kontinenter möts eller delar på sig, händer samma sak med djuren. Arter kan sprida sig över hela jorden eller isoleras från varandra. De kan därför bli tvungna att anpassa sig till nya villkor, till exempel i form av en ny plats i näringskedjan. När superkontinenten Pangea bildades för 375 miljoner år sedan efter kollisionen mellan Gondwana och de norra kontinenterna, blev kustlinjen mycket mindre. Det fick stora konsekvenser för de arter som levde där, eftersom de fick kämpa om mindre plats. ■



Vid Thingvellir i Island kan både besökare och boende se den nordamerikanska och den europeiska kontinentalplattan avlägsna sig från varandra.

### Växter och träd

För 470 miljoner år sedan blev några gröna alger som kallas kransalger de första som fick fotfäste på land. Hur de såg ut vet man inte, men efter 50 miljoner år hade de utvecklats till en liten, oansenlig växt som heter *Cooksonia*, vars stjälkar var bara några centimeter långa.

Under de följande 20 miljoner åren var den lilla växten ensam på land. Där utvecklade den så kallade kärträngar för vatten och små fjäll, som sedermera blev till blad. Därifrån utvecklade växterna en betydligt större variation och blev med tiden till träd. Strax före karbon tog växterna ännu ett stort steg med fröväxten, som kan överleva långa perioder med torka. Under de följande 100 miljoner åren utvecklades växternas stamfader till de omkring 288 000 arter som finns i dag.



Växterna var de första levande varelser som gick iland. Här är *Cooksonia* och fossil av ormbunken *Pecopteris milani*.

### Insekter



**En stor familj**  
De flesta insektsarter, som glansbaggen här, har stor utbredning.

Insekter var bland de första djur som flyttade upp på land. Det äldsta insektsfossil har hittats i Skottland. Det är en *Rhynognatha hirsti*, som levde under devon för cirka 400 miljoner år sedan, vilket indikerar att insekterna utvecklades redan under silur. I dag finns det mindre än en miljon insekter, som är den i särklass största djurklassen. Medan de flesta nu levande insekter är ganska små, fanns historiens tidigaste insekter i enorma versioner.

Förutom storleken är övergången till fullständig förvandling ett viktigt steg i insekternas utveckling med bland annat både larv- och puppastadium. Denna utveckling är tidigast känd i perm.

**Jätteinsekter**  
De tidigaste insektsarterna var stora. Bland annat fanns trollsländor med vingspann på 75 centimeter.



### Kräldjur



Den förhistoriska krokodilen *Postosuchus* är släkt med både dinosaurierna och vår tids krokodiler. Den levde från mitten till slutet av triasperioden.

I slutet av perioden devon hasade ett mycket märkligt djur runt längs de grönländska kusterna. Det var *Ichthyostega*, även känd som den fyrbenta fisken. Trots att den liknade kvastfenigen, fanns det några väsentliga skillnader. Först och främst hade djuret inte fenor utan ben och därmed kunde den förflytta sig på land. Med tiden spred de fyrbenta fiskarna sig över hela jorden, och ett otal nya släktingar tillkom. De flesta liknade krokodiler, hade ett kraftigt bepansrat yttre och var ofta stora med en längd på upp till tre meter.

Det fanns dock ett hinder. De första groddjuren ynglade fortfarande i vattnet. Först med utvecklingen av äggskalet kunde en del av groddjuren lösgöra sig helt från havet. Det skedde med *Casineria*, vars ägg var omgivet av ett tjockt, läderaktigt skal, som hade inbyggd näring.

Världens största levande kräldjur är saltvattens-krokodilen, som finns i Sydostasien och Australien. Den kan bli upp till sju meter lång och väga över ett ton. Totalt finns det i dag 14 slags krokodiler samt nio arter av släktingarna alligatorer, kajmaner och gavia. De har levt på jorden i 250 miljoner år.



# JORDENS HÅRDA HISTORIA

De senaste 438 miljoner åren har jorden sannolikt utsatts för tolv katastrofer, som var för sig har utplånat stora delar av livet. Fem av dem betraktas av forskare som särskilt omfattande och går därför under namnet "de fem stora". Under dessa fem ofattbart stora katastrofer dog varje gång mellan 75 och 95 procent av alla jordens levande varelser.

Den värsta massutrotningen inträffade mellan de geologiska perioderna trias och perm för cirka 250 miljoner år sedan, då 95 procent av alla arter utplånades. Orsakerna var allt från enorma vulkanutbrott till köld och meteoritnedslag. Trots de fem massutrotningarnas oerhörda våldsamt förde de faktiskt något gott med sig, för i kölvattnet på samtliga av dem uppstod en mängd nya arter.

Man anser att 99 procent av alla arter som har levt på jorden i dag är utdöda. Ser man på jordens samlade historia, kan de fem stora massutrotningarna tillskrivas endast fem procent av alla de arter som hittills försvunnit från jordens yta. De resterande 95 procenten försvann i stället lugnt och stilla som ett led i det man kallar naturligt bakgrundsutdöende, då arterna inte klarar av livsvillkoren. ■

## DE FEM STORA MASSUTROTNINGARNA

**Sedan den kambriska explosionen för 542 miljoner år sedan, då större delen av de komplexa djuren uppstod, har det mesta av livet på jorden utplånats flera gånger. De mest förödande av katastroferna kallas de fem stora, och varje händelse kan tydligt avläsas i jordlagren.**

**65 miljoner år sedan:** Vulkaner i det område som nu är Indien spy ut kolossala mängder aska och gaser. Samtidigt träffar en enorm meteorit jorden och utlöser en global vinter. 75 procent av alla arter dör ut.

**200 miljoner år sedan:** Vad som händer är osäkert, men något tyder på att katastrofen, som avslutar triasperioden, beror på ett plötsligt varmare klimat, kanske för att vulkanerna är särskilt aktiva. Havsnivån har sannolikt också spelat en stor roll. 80 procent av alla arter dör ut.

**250 miljoner år sedan:** Slutet på perm utlöses av ett enormt vulkanutbrott i Sibirien, som medför historiens största massutrotning. Jordens inre spy ut omkring två miljoner kubikkilometer lava, och damm och aska skuggar solen. Vattennivån sjunker, så bara cirka 13 procent av kontinentalplattorna är täckta av vatten. 95 procent dör ut.

**416 miljoner år sedan:** Jorden drabbas av plötslig nedkytning med tillhörande syrebrist i haven. Orsaken är inte känd, men många forskare ger meteoritnedslag skulden. 80 procent av jordens arter dör ut.

**488 miljoner år sedan:** Klimatet växlar från varmt till kallt. Stora glaciärer bildas, och nästan alla havsdjur utplånas. 85 procent dör ut.



## Dinosaurier

De första kända dinosauriefossilerna kommer från perioden trias för omkring 230 miljoner år sedan. De härrör sannolikt från arkosaurier, som även kallas härskarreptiler. Man känner inte till den specifika förfadern, men från mitten av jura till slutet av krita för 65 miljoner år sedan, då alla dinosaurier dog ut, var det jordens mest dominerande djurgrupp.

De första dinosaurierna var troligen små tvåbenta djur stora som katter, men de utvecklades efter hand till de största djur som någonsin levt på jorden, nämligen de växtätande sauropoderna, varav en del arter var mer än 30 meter långa. Fossila fotspår visar att nästan alla sauropoder var flockdjur, och att ungarna gick i mitten av flocken skyddade från köttätande theropoder.

Man känner i dag till minst 527 olika dinosauriesläkten, men en del forskare anser att det kan röra sig om så mycket som 1 800 olika släkter med sammanlagt åtminstone 2 000 arter.



*Tyrannosaurus rex är en av de mest kända dinosaurierna. Över 30 skelett har hittats, och några är nästan kompletta.*

## Däggdjur



*Mammuten uppstod för 4,8 miljoner år sedan och dog ut för 11 000 år sedan.*

Utvecklingen av det moderna däggdjuret började under karbon, då de första segetödlorna såg dagens ljus. Vissa av dem var rovdjur, med andra var växtätare. De liknade dåtidens kräldjur, och i dag kallas de därför däggdjurslika reptiler.

I slutet av perm började utvecklingen av de drag som vi i dag förknippar med däggdjur. Benen flyttade in under kroppen, hörn- och kindtänder kom fram, andningen förbättrades, och pälsen växte ut. Under jura och krita tillkom sedan örat, och djuren började så smått få den form som vi känner till i dag. Fast bara i tämligen liten skala. Under dinosauriernas storhetstid var däggdjuren fortfarande väldigt små. Först när dinosaurierna försvann mot slutet av krita, började däggdjuren mångfalda, så som vi känner den i dag, när det finns mer än 4 000 arter.

*De tidiga däggdjuren var små och fanns i mycket färre antal när dinosaurierna levde.*



## Fåglar



På 1800-talet hittades ett märkligt fossil i ett kalkstensbrott i Tyskland. Djuret var stort som en kräka och hade en fjäderdräkt som liknar dagens fåglars. Den hade även en lång, benig svans och kräldjurständer. Fyndet, som fick namnet *Archaeopteryx*, levde för 150 miljoner år sedan och är det äldsta fågelfossil som hittats. De näst äldsta levde 15 miljoner år senare.

Fågelben är väldigt bräckliga, och man har därför hittat mycket få fågelfossil. Inte desto mindre kan man se att en mängd olika former utvecklades både före och efter att dinosaurierna dog ut. Fåglarnas utveckling tog dock fart på riktigt först under de senaste två miljoner årens istider. För trots att många arter försvann, innebar de även en ny geografisk organisering och isolering, som gav plats för många nya arter och raser.

*Det äldsta fågelfossil som hittats härrör från en 150 miljoner år gammal *Archaeopteryx*.*

