



Oldgamle insekter ser dagens lys

Ved hjælp af ekstremt kraftige røntgenstråler kan palæontologerne nu se direkte ind i 100 millioner år gamle, uigennemsigtige ravklumper. Stenene afslører millimetersmå skabninger og fortæller spændende nyt om dyrelivet, da dinosaurerne gik på Jorden.



KREBSDYR
(af familien Oniscidae)



EDDERKOP
(af familien Segestridae)



BILLE
(af familien Elateroidea)



MYRE
(af familien Formicidae)

Palæontologen Paul Tafforeau studerer de mange ravklumper, som snart skal afsløre deres last af fortidige planter og dyr.

Palæontologerne låner fysikernes ekstreme maskine

Den europæiske synkrotron (ESRF) i Frankrig producerer det kraftigste lys i Europa. Det sker, når elektroner accelereres op til lysets hastighed og sendes rundt i en 844 meter lang cirkelbane. I ESRF er ringen ikke en perfekt cirkel, men består dels af mange lige stykker, hvor elektronerne fortsætter en jævn bevægelse, dels af stykker, hvor elektronerne bøjes af magneter. Ved afbøjningen udsender de elektromagnetisk stråling, som kastes af, nærmest som tomater fra ladet af en varevogn i et skarpt sving. Hver gang elektronerne bøjes af i ringen, sendes en kolossal mængde røntgenstråling (såkaldt synkrotronstråling) ud til laboratorier langs ringen.

I et af disse laboratorier skanner forskerne ravklumperne ved hjælp af synkrotronstrålerne nogenlunde på samme måde, som man kender det fra CT-scannere på hospitaler.

FAKTA OM ESRF

Bygningen er så stor, at den kan ses som en lille bagel fra rummet.

4500 forskere besøger stedet om året, og deres eksperimenter bliver til 1500 videnskabelige artikler.

Maskinen kører 24 timer i døgnet i seks dage. En ugentlig hviledag bruges til vedligehold og forbedringer.

Bag ESRF står 18 europæiske lande. Anlægget blev taget i brug i 1994 og står netop over for en stor opgradering, som vil give helt nye muligheder og gøre eksperimenterne hurtigere.

Den cirkelformede accelerator måler næsten en kilometer i omkreds og ses her fra luften.

Dengang så verden helt anderledes ud end i dag. Atlanterhavet var begyndt at opstå, men Nordamerika og Grønland hang endnu på Europa og Asien i de sidste levn af kæmpekontinentet Laurasia.

Pattedyrene var dengang hovedsageligt små muselignende dyr, som jagtede insekter om natten. I dagtimerne herskede dinosaurer som den frygtindgydende Tyrannosaurus rex og de enorme planteædende sauropoder. I luften svævede flyveøgler på store lædervinger, og i havene troned svaneøgler med drabelige, agurkelange tænder. Insekter og planter havde allerede eksisteret i umindelige tider, og dengang som i dag dryppede nåletræerne en tyk, klistret saft – harpiks – som indimellem ramte og omsluttede et insekt. Harpiksen stivnede og bevarede insektet til eftertiden, mumificeret i en gylden sarkofag.

Forskeren var træt af pillearbejde

Langt fra alt rav er det smukke, klare og gyldne rav, vi kender fra smykker. Det meste harpiks – over 80 pct. – fyldes med støv, jord og urenheder, inden det forstener, så forskerne i dag kun kan gætte på, hvad der mon gemmer sig af skatte i de mørkebrune sten. Selv hvis man pudser ravet, er det umuligt at se noget.

Derfor var det heldigt, at en palæontologistuderende, Paul Tafforeau, i 2000 havde fået nok af det palæontologiske pillearbejde med at skære gamle, fossile abetænder op og nærstudere emaljen. Tafforeau mente, det måtte kunne gøres lettere, og det førte ham til fysikernes højteknologiske supermaskine ESRF. Siden 2001 har han brugt strålerne til at undersøge næsten alle tænkelige typer fossiler, fra dinosaurknogler til kraniet af den tidligste menneskeforfader.

Tafforeau var også interesseret i rav, og i 2002 kørte han den første test. I første omgang håbede han, at røntgenstrålerne kunne bruges på samme måde som hos tandlægen, hvor man kan se indholdet på en røntgenfilm, der farves efter, hvor meget af strålingen materialet har absorberet. Men det viste sig, at ravet skygger for det, man gerne vil se. Da strålerne på ESRF imidlertid er "hvide" stråler, som dækker hele energispektret, behøver man ikke at bruge al strålingen. Røntgenstråling er elektromagnetisk stråling ligesom lys, mikrobølger og radiobølger, bare med meget kortere bølge-

længder, og forskerne kan nøjes med at bruge en enkelt bølgelængde – røntgenstrålingens version af en ren farve.

Det gør det muligt at tage meget præcise billeder. Når røntgenstrålerne trænger igennem ravet, forstyrres de elektromagnetiske bølger alt afhængigt af, hvilket materiale de passerer. Det kan ses med et apparat, som er følsomt for røntgenstrålerne og giver et klart billede af indholdet – i princippet det samme som et mikroskop, hvor forstyrrelser i det synlige lys opfattes af vores øjne. Her er det bare en computer og særlige sensorer, der fanger billedet, og det virker fantastisk. Paul Tafforeau prøvede først med en et stykke gennemsigtigt rav, der rummede en flue og en edderkop, for at se, hvor gode billederne egentlig var.

De var rigtig gode og faktisk en forbedring i forhold til mikroskopet, hvor man kun ser objekterne i to dimensioner, fordi fokusplanet er så snævert. De nye



Palæontologer er her på jagt efter rav, der er 100 millioner år gammelt.

billeder er derimod i 3-d. Det skyldes, at apparatet ikke bare tager ét billede fra én side, men roterer prøven og laver omkring 1000 snit fra top til bund, der samles af kraftige computere til et

virtuelt 3-d-billede, som kan drejes og vendes på skærmen. Detaljeringsgraden er imponerende – strukturer på mindre end 1/100 millimeter kan skelnes.

Skannede rav i to døgn i træ

To år senere fandt Tafforeau en smuk myre i en brun ravklump. Og da hans vejleder, professor i palæontologi, Didier Néraudeau, ved Université de Rennes i Frankrig, hørte om det, gik det op for ham, at Tafforeaus teknik kunne bruges til at se ind i ravet fra Charente-Maritime. De aftalte et samarbejde, hvor ph.d.-studerende Malvina Lak skulle udføre eksperimenterne sammen med Tafforeau.

Ved synkrotronen er "stråletid" det mest kostbare – tusinder af forskere kappes hvert år om at få lov til at gennemføre eksperimenter på ESRF, og når man først har fået en plads, kører man på med eksperimenter i døgn drift. I løbet af de næste 48 timer fandt forskerne mere ►

Myrens vej fra sten til livagtig 3-d-model

Det 100 millioner år gamle rav er uigennemtsigtigt, men vha. synkrotronstråling kan forskerne skabe billeder af det fortidige liv, som stenene rummer. Til sidst fremstilles store modeller af insekterne.



1. Forskeren gør rør fyldt med ravklumper klar til at blive grovskannet. Nu skal det vise sig, om stenene rummer dyr.

2. Når grovskanningen har vist, at en ravklump rummer et insekt, bliver klumpen præcisionskannet – stenen roteres, og der tages ca. 1000 billeder fra top til bund.



En enorm maskine kaster dagligt nyt lys over noget af det allermindste – atomer, molekyler og celledele – og nu kan den samme maskine også finde frem til noget af det ældste.

Den fælles europæiske synkrotron, ESRF (European Synchrotron Radiation Facility), producerer røntgenstråling, som er 1000 mia. gange stærkere end den, vi kender fra tandlægen. Strålerne er formidable til at se ind i ting og afsløre de mindste detaljer af, hvad der gemmer sig derinde, og nu er franske palæontologer rykket ind på pladser, der normalt er

optaget af fysikere, og har rettet strålerne mod 100 mio. år gammelt brunt rav.

Fra de uigennemtsigtige klumper, der ligner almindelige sten, trækker forskerne som tryllekunstnere hundredvis af bitte små insekter, edderkopper og plantedele frem. Ting, som intet levende væsen har betragtet, siden dinosaurerne trampede omkring på Jorden.

Alle ravstykkerne stammer fra det samme stenbrud i Charente-Maritime i Frankrig, der er enestående i verden for sine fantastiske ravfund. Ravet er fundet i jordlag, som er ca. 100 mio. år gamle.

► end 350 dyr og planter fanget i ravet. Det var en enorm overraskelse. For i de foregående tre hele år havde de blot gjort omkring 600 fund ved hjælp af den traditionelle mikroskopi-metode.

De bittesmå dyr genopstår

Det ene utroligt detaljerede lille dyr efter det andet er siden trådt frem på skærmen – myrer, edderkopper og hvepse. For første gang nogen sinde ser palæontologerne på de 100 mio. år gamle dyrs forvredne lemmer og desperate døds kamp i den klistrede saft. Enkelte insekter ser dog ud, som om de allerede har været døde, da harpiksen omsluttede dem.

Den enestående tidsrejse fuldendes, når forskerne lader de flotteste af dyrene komme ud af deres sarkofag med en ny smart teknologi kaldet 3-d-printning.

Teknologien er udviklet til designere, maskiningeniører og arkitekter, der har brug for modeller. Ud fra en computer-model bygger printerne en figur op lag for lag i gips eller plastic og kan gøre det i forskellige målestoksforhold. Så selv om de fleste af dyrene er nogle bittesmå kræ under 1 mm, kan printerne nemt trykke en moppedreng med flere centimeter mellem øjnene og en hel del mere monster-gys over sig. Men det er nu først og fremmest de anatomiske detaljer, forskerne fæster sig ved, og som gør det muligt dels at klassificere arterne og dels at vise, hvilken sammensætning af liv som myldrede omkring i fortiden.

Ravet fortæller, at der i Charente-Maritime for 100 millioner år siden stod en nåletræsskov i vandet. Forskerne har fundet små sneglehuse af Ellobiidae-familien, der lever i varmt brakvand og på sten ved havet, og de har også fundet små krebsdyr, som ligner de havbænkebidere,

der lever i vand ved kysterne. Men ravet afslører også noget om arternes udvikling, og selv om det endnu er tidligt, har forskerne allerede fået nyt indblik i myrernes udviklingshistorie. For det første burde der ikke være myrer i de 100 mio. år gamle ravklumper, fordi videnskaben længe har ment, at myrer, som vi kender dem i dag, først udvikledes 15 mio. år senere, for 85 mio. år siden.

“Vi har fundet dyr, som formentlig er de moderne myrers forfædre, og de viser, at myrernes sociale liv er meget, meget gammelt,” siger Néraudeau.

Myrer er sociale insekter med en klar samfundsorden, hvor boets medlemmer er specialiseret i kaster til krig og andre til arbejde. Nu har forskerne både fundet arbejdermyrer, krigsmyrer og bevingede droner (hanner, som parrer sig med dronningen), som viser, at myrernes hierarki allerede var på plads for 100 mio. år siden og derfor må være opstået endnu tidli-

gere. Men myrerne var ikke alene. På træstammerne lurede en side af deres hverdag, som de nok helst var foruden – en myrespisende edderkop af slægten Zodarion, som er meget udbredt også i dag. Dermed har forskerne ramt lige ind i et af naturens fine og ældgamle rovdyr-byttedyr-samspil, der stadig findes. Dette samspil overlevede den katastrofe, som udryddede dinosaurerne for 65 millioner år siden. Det viser, at insektsamfundene har været særdeles robuste over for den voldsomme fortidskrise.

Vidner om omvæltningernes tid

Ravet fra Charente-Maritime-stenbruddet er fra en meget spændende periode præget af store forandringer. Netop for 100 mio. år siden har blomstrende planter set dagens lys og er sammen med bestøvende insekter i fuld gang med at etablere det uovertrufne samarbejde, der har holdt frem til i dag. Blomsterplanter og løv-

træer varsler en dramatisk forandring, der påvirker alt fra insektsamfund til de store dinosaurer, hvis liv var baseret på energien fra de gamle plantetyper. Forskerne håber især at få indblik i denne udvikling, når de studerer ravet.

Noget tyder på, at myrerne var blandt de store vindere, da tidligere økologiske balancer blev afløst af nye. I dag er myrerne en af klodens allermest succesfulde grupper, og en spændende teori går ud på, at myrerne netop fik så stor succes, fordi de udnyttede de forandringer, der fulgte i kølvandet på evolutionen af blomsterplanterne og de insekter, som udviklede sig sammen med blomsterne. Måske slog bølgerne ind mod den franske kyst, netop som dette drama udspillede sig, og de afgørende øjeblikke blev gemt i harpiksen. Nu venter forskerne bare på, at strålerne fra ESRF afslører dem.

Find mere om emnet på www.illvid.dk



Det ligner en gran-gren, men er en 100 mio. år gammel fjer.

Ravklump gemte dinosaur-fjer

De 100 mio. år gamle ravstykker fortæller nu nyt om en af naturens mest geniale opfindelser – fjerene. I 2008 offentliggjorde Néraudeau og Tafforeau sammen med kolleger 3-d-billeder af syv primitive fjer. De ligner minigrantræer mere end fjer, men repræsenterer et mellemtrin på vejen mod moderne fugles fjer, som forskerne længe har ledt efter.

Fugle blev oprindelig udviklet fra fjerede dinosaurer. Dengang havde fjerene et andet formål som isolering og/eller farvestrålende signalering og er først siden udviklet til at kunne løfte de tidligste fugle fra jorden og flyve. Hvor moderne fjer er flade med fanerne sat tæt op ad hinanden på hver side af et skaft, ligner de gamle fjer mere et dun med faner strittende løst i alle retninger. Det særlige er skaftet i midten, som ikke er helt glat som på nutidens fjer, men derimod består af små elementer, der vokser frem oven på hinanden med hver deres fane – ligesom blade på en bananpalme.

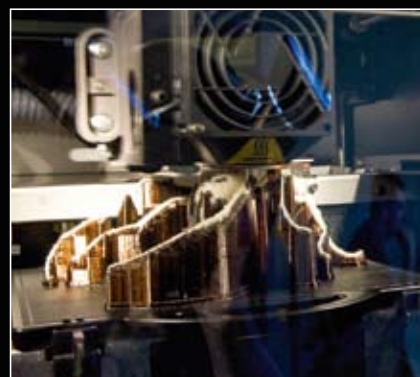
Man ved ikke, hvilket dyr fjerene har siddet på, men fundet af dinosaur-knogler i nærheden sandsynliggør, at fjerene for længe siden har varmet en dinosaur.



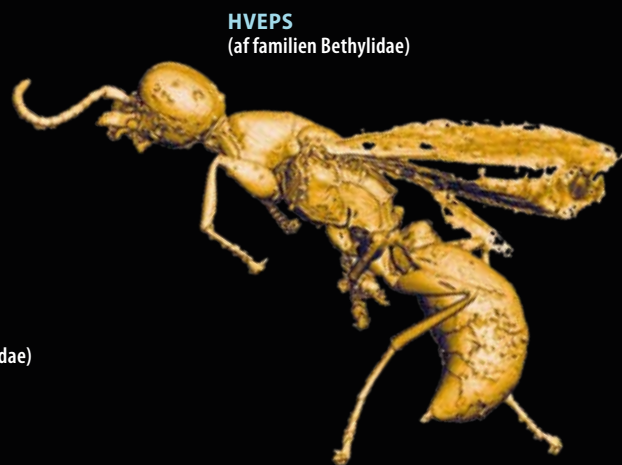
TUSINDBEN (af familien Polyxenidae)



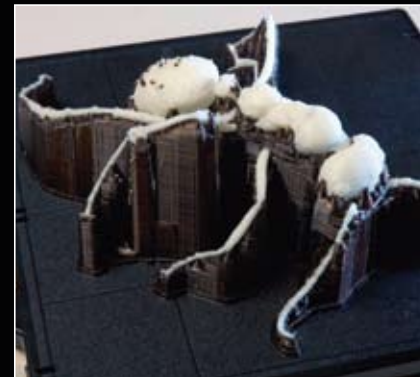
3. I en computer omdannes de mange røntgenbilleder til et imponerende detaljeret 3-d-billede af det insekt, som har været skjult.



4. Ud fra computermodellen kan forskerne vha. en særlig teknik printe en stor plastic-model af insektet. Den bygges op lag for lag.



HVEPS (af familien Bethyloidea)



5. Når 3-d-printeren er færdig, har forskerne en plasticmodel, de kan vende og dreje i hånden og sammenligne med nulevende arter.



MYRE (af familien Formicidae)