

Nedslagskratere

- vidnesbyrd om kosmiske gæsters fatale besøg

Af geolog Klaus Petersen

Indtil for nylig har meteoritnedslag været anset som spændende, men måske ikke særligt vigtige fænomener i spektret af geologiske processer, som påvirker vores jordklode. Vores forståelse af nedslagsbegivenheder har dog i de seneste årtier ændret sig radikalt i takt med den øgede viden fra kunstige satellitter ved udforskningen af solsystemet og vores egen planet.

Særligt interessant er nedslagsbegivenhedernes påvirkning af livet på Jorden. Nyere studier har vist, at der er markante indicer på sammenhæng mellem globale effekter forårsaget af store nedslagsbegivenheder og masseuddøen – fx ved Perm/Trias- og Kridt/Tertiær-grænserne. Kraterne bidrager derfor indirekte til historien om livets udvikling – og især afvikling. Der findes et væld af teorier om årsagerne til masseuddøen, artiklen her har kun fokus rettet på masseuddøen i relation til nedslagsbegivenheder.

Hvor kommer nedslagsobjekterne fra?

For at forstå hvor nedslagsobjekter (her forstås både meteoroider 0-1 km, asteroider 1-1.000 km og kometer – variable størrelser) stammer fra, skal vi tilbage og se på solsystemets dannelseshistorie. Systemet består foruden solen af 9 planeter og deres måner, mere end 100.000 asteroider, interplanetarisk støv og kometer. Sidstnævnte er

der rigtigt mange af, når man tager de yderligste egne af solsystemet med, et skøn lyder på ikke mindre end ca. 2-5 mia. kometer svarende til en masse mellem 13-34 gange Jordens.

Hvordan solsystemet egentlig blev dannet, ved vi ikke helt i detaljer, men det startede sandsynligvis for ca. 4,6 mia. år siden med, at en kæmpemæssig og meget varm sky af helium og brint øjensynligt begyndte at rotere – og efterfølgende at kondensere sig. Denne proces førte til dannelsen af lokale masseansamlinger i protoplaneter og protosolen i en "suppe" af støv, større og mindre asteroider og kometer. En hovedteori for dannelsen af protoplaneterne er, at disse dannedes ved kollision mellem små legemer, som således langsomt voksede sig større (akkretion) ved at "fejle" restmaterialet omkring solen op. Faktisk suger Jorden hver dag ca. 100 tons af dette "kosmiske restaffald" til sig – mest i form af støv og små meteoritter.

Den første tid i solsystemet var præget af kaos og kollisioner mellem de mange spæde planetlignende objekter og asteroider. Solsystemet stabiliserede sig omkring 3,8 mia. år, og her fik planeterne den størrelse, som vi kender i dag. Tiden fra 4,5-3,8 mia. år betegnes ofte som "Det kraftige bombardement". Fra 3,8 mia. år og frem er systemet mere "roligt" og med mere konstant kollisionshyppighed. På dette tidspunkt er det værd at bemærke, at Solen var ca. 30 % svagere end nu, da dens indre kerneprocesser ikke helt var gået i gang.

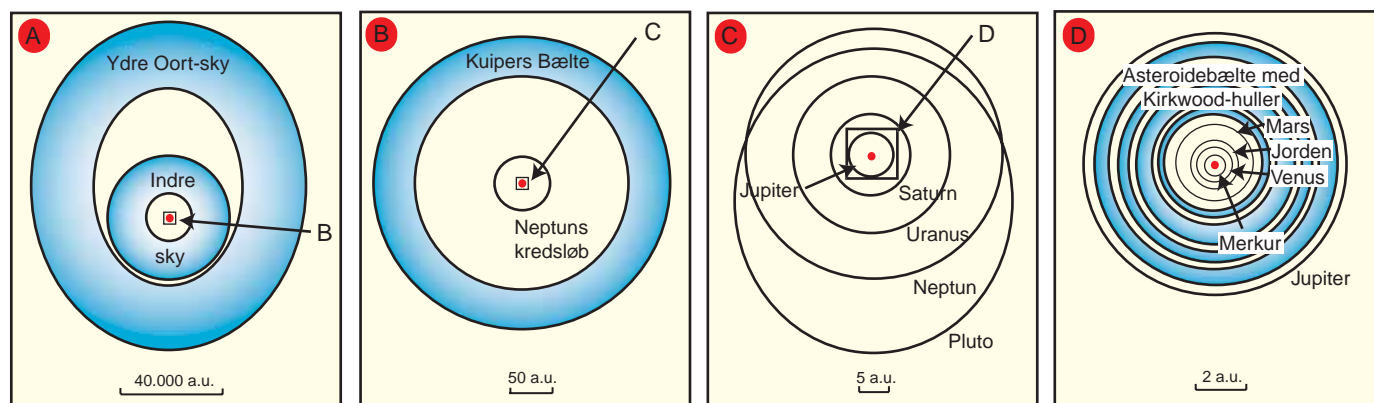
Det såkaldte asteroidebælte ligger populært sagt mellem Mars og Jupiters bane og udgøres af en meget stor samling sten- og



Manicougan-krateret ligger i Canada og er en kompleks nedslagsstruktur på ca. 100 km i diameter. Nedslaget er dateret til ca. 214 mio. (Kilde:NASA)

metallegemer, som formentlig blev tilovers ved dannelsen af solsystemet. Som det fremgår af figurerne nedenfor og figuren nederst side 23, er der i virkeligheden ikke tale om et bælte, men nogle specielle grupperinger i bestemte kredsløb omkring solen.

Asteroidegrupperingerne styres primært af Jupiters enorme tyngdefelt. Der forekommer en del bemærkelsesværdige "huller" i asteroidebæltet – de såkaldte "Kirkwood-huller". Hullerne udgør nøjagtige brøkdele af Jupiters omløbstid (omløbstiderne er kommensurable), og man taler om omløbsresonanser (figuren nederst på side 23). Hvis en asteroide skulle havne i et andet kredsløb fx ved kollision med en anden asteroide, vil de begge oftest blive trukket "på plads" i en ny bane guidet af Jupiters tyngdefelt. I nogle tilfælde er



Oversigt over solsystemet. I A ses den Indre og den Ydre Oort-sky. B viser en forstørrelse af centrum i A med beliggenheden af Kuipers Bælte. C viser placeringen af de ydre planeter i Solsystemet, mens D viser placeringen af de indre planeter og fordelingen af asteroidebæltet. Bemærk, afstanden er i astronomiske enheder (1 AU = middelfastanden mellem Jorden og Solen). Se også figuren nederst side 23. (Grafik: UVH modificeret efter D. B. Carlisle 1995)



Få sekunder før dommedag – sådan kunne et meteornedslag måske se ud...? (Computersimulering: Morten L. Hjuler, GeologiskNyt)

Jupiters tyngdefelt ikke stærkt nok til at holde på asteroiden, og den kan finde sin nye bane – evt. mod Jorden. Måske skulle asteroidebæltet have været en planet – måske blev den revet i stykker, eller måske blev den aldrig dannet. Jupiters tyngdefelt forhindrer antagelig dannelsen af legemer på over 1.000 km (den største asteroide, Ceres, er 913 km), og resterne er så fordelt i alle størrelser i asteroidebæltet.

En almen kendt omløbsresonans er 1:1 i vores eget jord-månesystem. Månen har såkaldt bunden rotation og vender altid den samme side mod Jorden. Et måneomløb om Jorden varer den samme tid som een månerotation. Resonansprincippet er det samme for asteroiderne og Jupiter i kredsløbet omkring Solen. For eksempel betyder 7:2 resonansen, syv omløb for asteroiden eller asteroidegruppen nøjagtigt når Jupiter har

foretaget to omkring solen (Floragruppen).

Kometerne ses at befinde sig som de yderste objekter (trans-neptunske) i solsystemet og har deres plads i tre zoner: nemlig i Kuiperbæltet og i den indre- og ydre Oortsky. Solens tyngdefelt når ud til mere end 3.000 gange afstanden til Pluto og fastholder legemer her i kredsløb. Rummet derimellem er ikke helt tomt, men udgør derimod et gigantisk komet-reservoir.

Vi borer over hele landet..!

- Kerneboringer
- Hulsneglsboringer
- Højslevboring
- Tørboring
- Luftslylleboring
- Skylleboring

- ring og hør nærmere...



POUL CHRISTIANSEN A/S
Brøndborer- &
Ingeniørfirma
7840 Højslev
Tlf. 97 53 52 22

100 år

- din sikkerhed for erfaring og kompetence...

Objekt-diameter (approk.)	Krater-diameter	Energi-frigivelse (J)	Energi-ækvivalent (TNT)	Nedslags-hyppighed (gennemsnit)	Sammenligning begivenhed/kendt kraterlokalitet
6 m	120 m	$8,3 \times 10^{13}$	20.000 t	1 pr. 35 år	(Hiroshima-bomben)
50 m	1 km	$4,6 \times 10^{16}$	11 MT	1 pr. 1.600 år	Wolfe Creek, Australien
90 m	1,8 km	$2,5 \times 10^{17}$	60 MT	1 pr. 4.400 år	Jordskælv, San Francisco (9,6)
250 m	5 km	$5,7 \times 10^{18}$	1.400 MT	1 pr. 28.500 år	Gardnos, Norge
500 m	10 km	$4,6 \times 10^{19}$	11.000 MT	1 pr. 100.000 år	Mien, Sverige
1 km	20 km	$3,7 \times 10^{20}$	87.000 MT	1 pr. 350.000 år	Nördlinger Ries, Tyskland
2,5 km	50 km	$5,8 \times 10^{21}$	1,3 E 6 MT	1 pr. 4,5 mio. år	Siljan, Sverige
5 km	100 km	$4,6 \times 10^{22}$	1,1 E 7 MT	1 pr. 26 mio. år	Manicougan, Canada
10 km	200 km	$3,7 \times 10^{23}$	8,7 E 7 MT	1 pr. 150 mio. år	Chixulub, Mexico

Forudsat for beregningerne: 20 km/s i nedslagshastighed vertikalt samt objektetsitet på 3.500 kg/m^3 . Nedslagsvinklen samt objektets massefylde og hastighed er variable parametre, som kan ændre lidt på tallene for kraterdiameteren, dvs. et lille massivt legeme med høj hastighed vil kunne danne samme kraterstørrelse som et større legeme med lav hastighed. Sandsynlighederne ændres ikke og skal opfattes som en slags gennemsnitlig vurdering ud fra modelberegninger og kraterstatistik her på Jorden samt fra flere af solsystemets planeter. Objekter $< 50 \text{ m}$ bliver mest sandsynligt tilintetgjort eller revet til betydeligt mindre stykker ned igennem atmosfæren. Til gengæld er de ret så hyppige og kan ses som et par stjernesked i timen hver nat. MT = megatons (Grafik: UVH forenklet fra: B.M. French 1988)

Kometerne består primært af en frossen blanding af H_2O , CO, støvpartikler samt mindre fraktioner af mere komplekse organiske forbindelser.

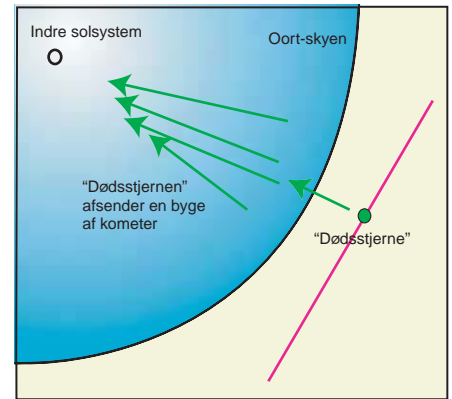
Den ydre Oortsky strækker sig i en kugleskal med solen som centrum fra Pluto og halvvejs til de nærmeste stjerner – 50.000-100.000 AU. Oort-skyen er for de langperiodiske kometer (omløbstid > 200 år og op til flere 100.000 år).

Kuiperbæltet er arnested for de kortperiodiske kometer (omløbstid < 200 år) og indeholder omkring 100.000 objekter på $> 100 \text{ km}$. Pluto og dens måne Charon er egentlig Kuiperbælte-medlemmer og dermed mere kometlignende end "planetlignende".

Men hvorfor og hvordan dukker der så asteroider og kometer op tæt på Jorden, når de nu har "pæne" kredsløb fordelt i asteroidebæltet, Kuiperbæltet og Oort-skyen? Det er sådan, at solsystemet ikke

helt fungerer som et stabilt system set over geologiske tidsrum. Faktisk er det nogle udviklede beregninger, der skal til for at holde styr på mindst 9 legemers kredsløb. Dertil kan man kun beregne kredsløbene sikkert inden for ca. 20-30 mio. år pga. usikkerheder og det problem, at vi ikke kender "startbetingelserne" ved solsystemets fødsel. Planetbaner er svære at have med at gøre, når vi betragter længere tidsrum. En meget lille ændring (perturbation) af planetbanen kan give uforudsigelige konsekvenser (kaos) set over større tidsrum, lidt à la "sommerfugle-effekten".

Med andre ord – små udsving i de stabile planeters kredsløb kan påvirke de enkelte asteroiders baner med ret så uheldige virkninger for Jorden. Det forholder sig lidt på samme vis med kometerne. De perturberes ind fra Kuiperbæltet eller Oortskyen som følge af instabiliteter fx forårsaget af



Oort-skyen strækker sig i en kugleskal med Solen som centrum fra Pluto og halvvejs til de nærmeste stjerner – 50.000-100.000 AU. (Grafik: UVH modificeret efter "New Solar System 1990")

en nærliggende stjernes passage eller passage af interstellare skyer. Statistisk set vil en fremmed stjerne passere Solen i en afstand på 10.000 AU hver 36 mio. år og dermed kunne frigøre kometer fra de ydre egne til de indre egne af solsystemet (se ovenstående figur).

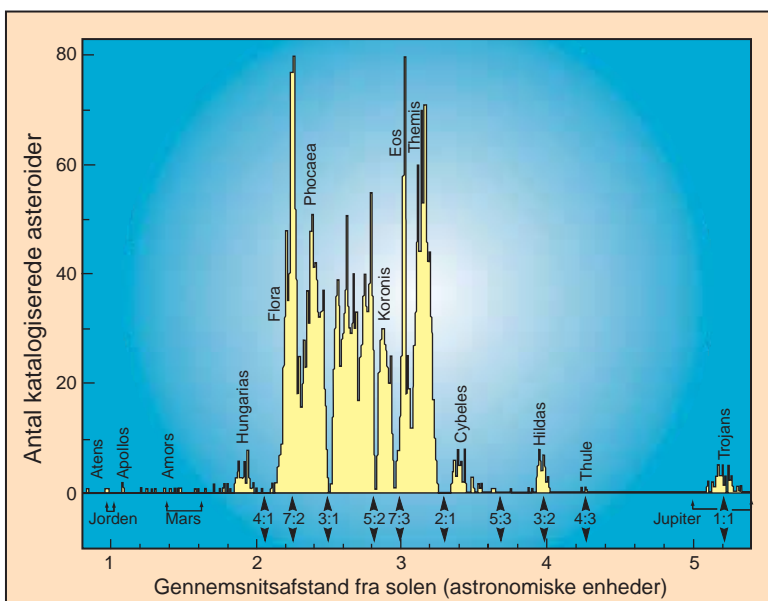
Solsystemet bevæger sig op og ned igennem galaksens plan med ca. 30 mio. års intervaller; dette kan også forårsage instabiliteter i de ydre egne af solsystemet og dermed "frigøre" en eller flere kometer fra et ellers konservativt kredsløb til et ustabil kredsløb med kurs mod Jorden.

Kendte kraterstrukturer

Jorden er en aktiv planet, så de fleste nedslagskratere er gennem tiden blevet udvisket af geologiske processer som erosion, pladetektonik etc. Dertil kommer, at Jorden er dækket af ca. 71 % vand, så der er ret god chance for, at et nedslag ender i havet, hvilket naturligvis vanskeliggør bevarelse og udforskning. Der er dog en del gode eksempler bevaret, og i dag kender man til godt 200 kraterstrukturer pænt fordelt i tid og rum. De fleste (og ældste) kratere findes dog på "skjoldene" – dvs. de stabile platforme, som ikke har undergået større pladetektoniske forandringer de sidste 500-2.000 mio. år. Nedslagskratere er især identificeret ud fra satellitters fotografering af Jorden i stor højde, men mange er også fundet som "sidegevinster" ved kulbrinte-eftersøgninger. Fx kan nævnes: Chixulub-krateret (i den mexicanske golf på Yucatan-halvøen, 180 km bredt, K/T-grænsen) og Mjølner-krateret (fra Barentshavet, 40 km bredt, Sen Jura). Begge er fundet ved undersøgelser med seismik, gravimetri og dybe borer. Ud over alle de kendte kratere på Jorden har især Månens kratere været overflade været genstand for omfattende studier, som bl.a. har ført til en bedre indsigt i solsystemets dannelse og udvikling.

Meteorkraterets morfologi

Er nedslag en tilfældig eller regelmæssig proces? Umiddelbart er det en meget tilfældig proces, selvom visse forskeres analyser



Asteroidernes fordeling mellem Jorden og Jupiter. Det ses, at asteroiderne optræder i grupperinger ("familier") i specifikke afstande og kredsløb primært kontrolleret af Jupiters enorme tyngdefelt. (Grafik: UVH modificeret efter New Solar System 1990)

antyder det modsatte – i hvert fald set i store linier. Tabellen på foregående side giver en idé om nedslagenes energi-udløsning, kraterstørrelse og hyppighed.

Krateret dannes næsten momentant dvs. på få sekunder, for de lidt større nedslagsobjekter (> 1 km) kan det være op til minutter. Nedslagshastigheden betyder naturligvis en hel del for kraterdannelsen. Jo større hastighed, et objekt kommer ind i atmosfæren med, desto mere energi vil der udløses. Dette forhold kan beskrives med formlen: Kinetisk energi = $\frac{1}{2}mv^2$ (m = massen, v = hastigheden). Generelt har asteroider hastigheder på omkring 15-25 km/s, og kometer ligger ofte højere på op til 20-60 km/s.

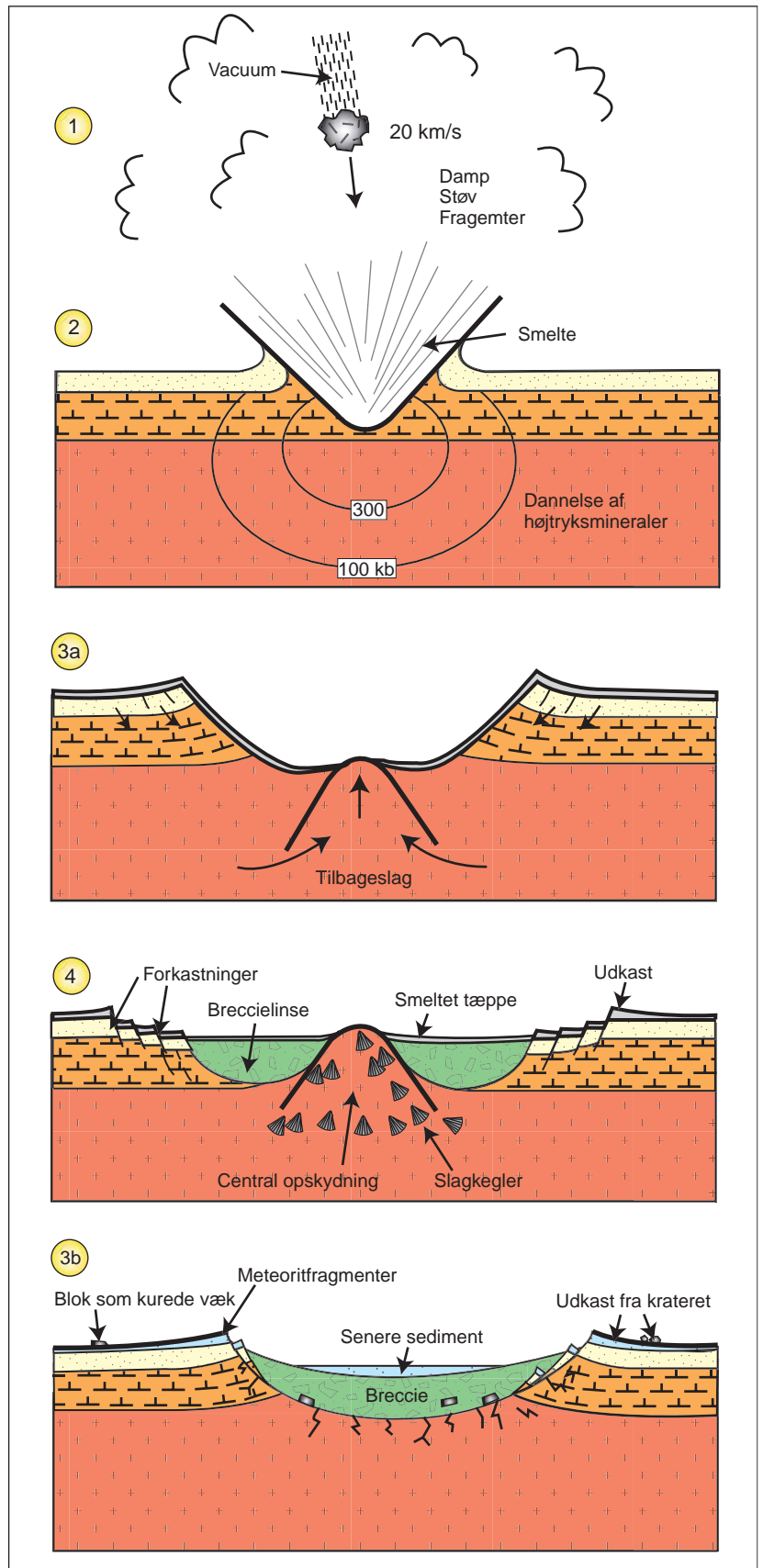
Kraterdiametere (inddirekte nedslagsobjektets størrelse og/eller fart) er bestemmende for morfologien, dette ses bl.a. tydeligt ved studier af Månens mange krater typer og størrelser. Man skelner mellem simple og komplekse strukturer:

Simple strukturer har en diameter fra 0,1 km op til 4 km og kendetegnes ved en enkelt skålformet struktur med en fremtrædende rand (eller vold). I fordybningen ses brecciering, små forkastninger, og der vil ofte være en del af selve meteoritten tilbage – se eksempel 3b til højre nederst; (kratere < 0,1 km betegnes egentlig ikke som "rigtige kratere", men derimod som "huller"). Større og mere komplekse strukturer er generelt mere end 4 km i diameter og har en karakteristisk central opskydning med slagkegler eller ligefrem en central ring som følge af de dybereliggende bjergarters tilbageslag. Ved de store nedslag vil selve objektet ofte være omsat til energi, og/eller rester vil være spredt langt væk fra krateret. Koncentriske forkastninger ses også ved de store kratere (3a til højre).

De ekstreme fysiske forhold med tryk, temperatur og belastning fra chokbølgen danner unikke effekter som mineraldeformationer og opsmeltning. Effekterne kaldes for "chokmetamorfe" og er karakteristiske for bjergarternes påvirkning i et nedslagskrater. Morfologien af et nedslagskrater, de umiddelbare omgivelser og bjergarter udgøres af nogle diagnostiske elementer, som er nævnt i boksen på næste side.

Nedslagets miljømæssige konsekvenser

De miljømæssige konsekvenser af et nedslag er især fundet ud fra studier og modelberegninger af det klassiske nedslag ved K/T-grænsen på Yucatanhalvøen i den Mexicanske Golf. K/T-grænsen markerer en meget brat overgang i livets historie for 65 mio. år siden. Ved overgangen uddøde eller svækkedes mange arter meget pludseligt – mest kendt er nok dinosaurernes endeligt. I dag hælder mange forskere til, at K/T-nedslaget var dødsårsagen eller i hvert fald den udløsende faktor for den store uddøen. Man kan dele miljøkonsekvenserne fra et stort nedslag (objekt >1 km) op i 3 hovedfaser:



Kraterdannelsen: Simple kraterer (3a) med karakteristisk "skål" dannes ved mindre nedslag, som er op til 4 km i diameter. Større og mere komplekse kraterer (3b) dannes af de store nedslag og udviser ofte en karakteristisk central opskydning med slagkegler. (Grafik: UVH modificeret efter Buchwald – Meteoritter, 1992)

1. Momentane virkninger (sekunder til minutter/måske få timer)
 2. Umiddelbart efterfølgende virkninger (dage - år)

3. Virkninger på længere sigt (år - flere 100 år/adskillige 1000 år)

Herudover har det betydning for konse-

kvenserne, om nedslaget rammer hav eller land samt størrelse og hastighed af objektet, som slår ned. Det kan desuden have betydning, hvilke bjergarter der involveres i eksplosionen.

Ad 1: Jordskælv af størrelsen 13 på Richterskalaen plus følgende efterskælv. Mio. tons af materiale vil øjeblikkeligt fordampe, blive slynget langt op i atmosfæren og ramme områder måske op til flere 1.000 km væk. Mange større nedslagstykker vil endda gå i kredsløb om Jorden for senere at falde som en regn af mindre nedslag. Er nedslagsobjektet stort nok, vil det også kunne slå hul på skorpen eller reaktivere svaghedszoner og dermed udløse vulkanudbrud. I minutterne efter nedslaget vil den enorme chokbølge kunne blæse hul i atmosfæren og skabe et vacuum til rummet. Den atmosfæriske trykbølge vil vandre jorden rundt mange gange og skabe store ødelæggelser.

Mest sandsynligt er dog et nedslag i havet. Dette vil medføre kolossale tidevandsbølger – såkaldte megatsunamis. En tsunami forårsaget af fx et 400 m stort legemes nedslag i Atlanterhavet vil føre til omfattende ødelæggelser ved kysterne - bølgehøjden vil nemt kunne stige til mere end 60 m. Hvis nedslagslegemet er omkring 10 km vil bølgehøjden kunne nå op på 1000-3000 m. Endvidere vil der fordampe enorme mængder havvand, som forbliver i atmosfæren i månedsvis.

Ad 2: I dagene og månederne efter nedslaget vil sollyset blokeres af alt det støv og de gasser, som nedslaget spredte i atmosfæren. Regionale skov- og steppebrande reducerer iltindhold og afgiver voldsomme mængder af sodpartikler og røggasser, der yderligere reducerer sollyset. Faktisk mener nogle forskere, at der ved K/T-nedslaget har været tale om en global brandstorm, og at dette kan ses som sod i det kendte sorte "fiskeler" fra Stevns. Temperaturen falder endvidere drastisk. Dette ødelægger alt planteliv, og fotosyntesen går i stå. Resultatet er sammenbrud af økosystemer og fødekæder. Fødeemnerne er ganske enkelt væk for de lidt større dyr, som var heldige at have overlevet infernoet. De omtalte konsekvenser med formørkelse, kulde og sammenbrud af økosystemerne er også kendt under navnet "nuklearvinteren" efter forskeres dystre forudsigelser af, hvad der vil ske med Jorden efter en global atomkrig.

Efter tabet af så store mængder liv og fotosyntesen sat ud af spil, vil den efterfølgende tid være påvirket af iltfattigere miljøforhold. Kemiske ændringer af atmosfæren og hydrosfæren og deres særlige indbyrdes forhold vil være skadet i mange år. Syreregn som resultat af fordampede sediment indeholdende SO_2 , medfører, at ozonlaget reduceres kraftigt, og alle organismer udsættes for ekstra UV-stråling.

Ad 3: Efter nogle måneder måske år vil de

Diagnostiske elementer

Impaktit-breccie: Består af de knuste bjergarter samt sten, blokke og sedimentter, der er skredet ned i krateret og blandet med tilbagefaldende fragmenter.

Slagkegler: Dannes af chokbølgen og udvikles bedst i finkornede bjergarter (fx kalksten), men ses også i granitter og sandsten. Størrelsen er fra ca. 1-100 cm, og spidsen af keglen peger mod eksplosionscenteret. Findes mest under kraterets bund og ved de store komplekse strukturer.

Tektitter: Er bjergarter, som smeltede til glas og slyngedes meget langt væk. De optræder ofte som dråbe-, kugle-, pladeformede eller helt misformede glasstykker. De bærer præg af at været transporteret igennem luften før de størknede. Størrelsen ligger oftest fra 1-5 cm, men der findes også mikrotektitter, som bl.a. er fundet i sedimentprøver fra de dybere oceaner. Naturglasset kendes fra mindst fem tektit-provinser i verden.

største mængder støvpartikler været faldet til jorden, og atmosfæren domineres mere af de mange gasser (bl.a. CO_2 fra fordampede karbonater), som blev frigivet. En drivhuseffekt vil indfinde sig og afløse kulden som følge af en klarere atmosfære, der igen tillader sollys at varme jorden op. Varmestrålingen vil midlertidig blive fanget af de mange "drivhusgasser", som atmosfæren pludseligt er beriget med og en kraftig temperaturstigning vil følge i kølvandet på "atomvinteren". Tilbagevendende nedslagsmateriale fra rummet kan have ført til yderligere atmosfærisk opvarmning og jævnlig antændning af store regionale brande måske på alle kontinenter.

Hvornår livet igen blomstrer op, er svært at sige noget om, men fx vil regenerering af skove og større plantedækker antageligt vare fra få årtier måske helt op til flere 1.000 år. Økosystemerne og fødekæderne samt de komplicerede kemiske koblinger mellem atmosfæren og hydrosfæren vil have noget længere udsigter for genopbygning – måske 1.000 af år til 100.000 af år.

Det store nedslag ved K/T-grænsen har klart haft momentant dræbende virkning for mange arter især på landjorden. De marine livsformer kan sandsynligvis være gået til grunde som et resultat af de mange efterfølgende forskellige miljømæssige effekter – og så fremdeles i de forskellige økosystemer.

Heldigvis blev som bekendt ikke alt liv udslettet ved K/T-overgangen, men derimod fik udviklingen andre muligheder. Nedsla-

Opsmeltning i større eller mindre grad af bjergarterne, hvilket ofte fører til dannelse af glasholdige bjergarter (impaktitter), som er meget bestandige.

Bjergarternes mineraler kan omdannes (fasetransformation) ved særligt høje tryk (>10.000 bar) som finder sted i selve nedslaget. Mest kendt er nok det såkaldte "Chok-kvarts" hvor kvarts er omdannet til coesit med parallelstribe (choklameller). Ved endnu kraftigere chok omdannes kvarts til stishovit. Andre mineraler kan ligeledes undergå forandringer og have chocklameller.

En række eksotiske grundstoffer (mest metaller) vil ofte kunne findes i forhøjede koncentrationer ved nedslagsstedet og i omliggende "grænselag" særligt iridium som i fiskeleret ved K/T-nedslaget. Karakteristisk for metallerne er, at de er overordentligt sjældne og kun findes dybt inde i jordens kappe eller har en ekstraterrestrisk oprindelse – fx asteroiderne.

get åbnede nye økologiske nicher for de overlevende dyr og planter, så faktisk kan vi måske "takke" nedslaget på Yucatan for vores tilstedeværelse i dag. Dinosaurerne uddøde og skabte et "evolutionært tomrum" som pattedyrene vandt frem i. Ironisk nok så kan det næste store nedslag så meget passende blive enden på os.

Masseuddøen i geologisk tid

Udviklingen af livet på Jorden har bestemt været påvirket af store nedslag (legemer >1-5 km). Som tidligere nævnt vil nedslag af denne kaliber nemt kunne lægge det me-

FALKENBERG
A/S MILJØRÅDGIVNING

- Undersøgelser
- Risikovurdering
- Projektering
- Oprydning
- In-situ
- Monitering

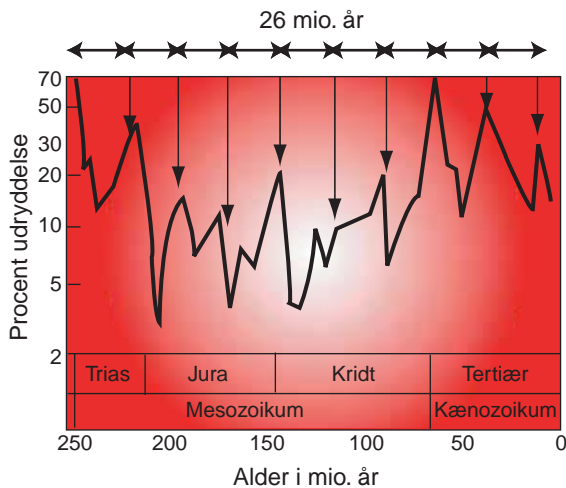
Vassingerødvej 145, Lyngø
Tlf: + 45 48 18 75 66



Herningvej 36, Nykøbing F
Tlf: +45 54 82 45 65

www.falkgeo.dk

falkenberg@falkgeo.dk



De 5 store masseudryddelser				
Mio. år	Periode	Uddøde marine familier (observeret)	Uddøde marine slægter (observeret)	Uddøde – alle arter (estimeret)
439	Sen Ordovicium	25 %	60 %	85 %
364	Sen Devon	22 %	57 %	83 %
250	Perm-Trias	53 %	82 %	95 %
208	Sen Trias	22 %	57 %	83 %
65	Kridt-Tertiær	16 %	47 %	85 %

De fem største kriser i livets udvikling. Ved Perm/Trias-overgangen blev planeten næsten steriliseret for liv. (Grafik: UVH efter Jablonski (1991))

Periodisk masseuddøen i mesozoiske og tertiære fossildata. Måske kan periodiciteten endda spores i fossildata fra hele Fanerozoikum. Årsagen til periodisk såvel som ikke-periodisk masseuddøen kan være astronomisk betinget. (Grafik: UVH efter Raup & Sepkoski 1984)

ste af planeten øde på både landjorden og i havet. Dette har sandsynligvis fundet sted ved fx P/T-overgangen og K/T-overgangen.

Forskerne Sepkoski og Raup hævdede i 1980-erne at have fundet en konsistent 26-30 mio. års periodicitet af masseudryddelser i mesozoiske og tertiære fossildata. Periodiciteten kunne næsten kun være forårsaget af en fælles og konservativ årsag – nemlig via astronomisk kontrol:

- Nemesis – en endnu ikke observeret tvilling til Solen
- Planet X - Den 10. og opdagede planet
- Bevægelse af solsystemet vinkelret på galakseplanet og dermed passage gennem tætte interstellare gasskyer
- Forbipassage af fremmede stjerner

Fælles for de ovennævnte astronomiske hændelser er at de kan skabe instabilitet i solsystemet og dermed frigøre kometer fra Kuiperbæltet og Oortskyen – hvilket medfører en sværm af objekter mod jorden med fatale konsekvenser. Man kan også forestille sig at asteroidebæltet ligeledes påvirkes af instabiliteter og følgelig sender asteroider i jordkrydsende baner.

Teorien er stærkt kontroversiel og har frembragt en del debat for og imod. Som tidligere nævnt bevæger solsystemet sig igennem galakseplanet hver ca. 30 Ma. Dette kunne passe med den postulerede periodicitet ud fra fossildataene, men der er dog nogen usikkerheder. Netop fossildataene og deres repræsentative værdi for livets udvikling har været genstand for megen debat. Periodicitet eller ej så har livet på jorden uden tvivl været kraftigt påvirket af de mange nedslag, som med sikkerhed har fundet sted. Hvorvidt årsagen udelukkende er astronomisk er nok mere et åbent spørgsmål.

Man taler ofte om “De fem Store kriser” i livets udvikling. Der har muligvis været flere, men disse er antageligt ikke i samme størrelsesorden, og masseudryddelse på globalt niveau er der næppe helt tale om. De palæontologiske vidnesbyrd er langt fra fuldstændigt og underrepræsenterer derfor

antagelig livets udvikling. Dertil kommer definitionen af, hvad en masseuddøen er, og hvordan man forholder sig til det palæontologiske datamateriale, aldersdateringer, og især hvad statistiske analyser angår.

Det har været tæt på i nyere tid

Man kender efterhånden ca. 350 asteroider, som fra tid til anden krydser jordens bane. De såkaldte NEO (Near Earth Objects) altså jordnære objekter med særlig risiko for at kolliderer med jorden på et tidspunkt – udgør blot en lille del af asteroidebæltet. Det anslås, at der eksisterer mellem 500-1.000 NEO'er, som er > 1km i diameter. Derudover har man kendskab til en god håndfuld periodiske kometer, som måske kan komme til at krydse jordbanen på et tidspunkt. Herudover kommer så alle de potentielle nedslagsobjekter fra Kuiperbæltet og især Oortskyen. I nyere tid har Jorden og de “nære egne” af solsystemet i astronomisk forstand været på kollisionskurs.

- Tunguska 1908, ødelægges et 2000 km² stort skovområde. Eksplosionen svarede til udløsning af 13 MT TNT eller 600 Hiroshima-atombomber. Der var højst sandsynligt tale om en kometkerne-eksplosion i atmosfæren, derfor efterlod eksplosionen intet nedfald og intet krater, men derimod et kæmpemæssigt mikadospil af ødelagte træer blæst omkuld af trykbølgen.

- I juli 1994 blev verden for alvor mindet om, at solsystemets dannelse stadig er aktiv. Den periodiske komet, Shomaker-Levy 9 (SL9), var kommet for tæt på Jupiters tyngdefelt og revet i mindst 20 større stykker, hvoraf de største var omkring 800 m. Kometen styrtdede ind i Jupiter med en hastighed på ca. 60 km/s, hvilket forårsagede gigantiske eksplosioner af størrelsesordenen 50.000 MT TNT for de store stykker. Kometens endeligt var en kraftig påmindelse om, hvad der kunne ske, hvis et lignende objekt ramte Jorden. Alt liv vil næsten med sikkerhed blev udryddet. Heldigvis for Jorden er Jupiters tyngdefelt den altdominerende faktor i solsystemet, såle-

des vil den ofte “suge” kometerne til sig, før de kommer nær Jorden.

- Asteroiden 1996JAI på 1 km i diameter passerede i en afstand af 450.000 km fra Jorden i 1996. Dette lyder jo som en betryggende sikker afstand, men i astronomiske termer er det alvorligt tæt på og en heldig forbier. Et nedslag af denne størrelse ville medføre et krater på ca. 20 km diameter og en energiudløsning på 87.000 MT TNT. Rammer en sådan “sten” en storby eller bare i nærheden, er det indlysende, hvad konsekvenserne bliver.

- Den 15. Juni 2002 passerede asteroiden 2002MN inden for afstanden 120.000 km af jorden. Asteroiden var omkring 100 m i diameter og blev først opdaget 3 dage efter, at den havde passeret. Dens nedslag var nok ikke gået ubemærket hen, da dette ville have svaret til udløsningen af den kraftigste brintbombe, verden hidtil har afprøvet.

Kosmiske objekter er kollideret med Jorden i fortiden og gør det stadig. Det er ikke et spørgsmål, om der vil finde en kollision sted, men hvornår den indtræffer, og hvilke konsekvenser det vil få. Statistisk set er der MÅSKE ikke grund til den store bekymring, når man ser på nedslagshyppigheden kontra vores civilisations varighed! Der er forhåbentlig længe, til det næste helt store nedslag kommer...

Litteratur

Beatty, J.K & Chaikin, A. (1990): *The New Solar System, 3rd ed., Cambridge University Press, USA. 326 pp.*

Buchwald, V. F. (1992): *Meteoritter - nøglen til jordens fortid* Gyldendal, 247 pp.

French, B.M. (1998): *Traces of Catastrophe, LPI Contribution No. 954, Lunar and Planetary Institute, Houston. 120 pp.*

Links:

<http://www.umb.ca/passc/ImpactDatabase/>