

geo viden

NR. 2 • JUNI 2020

DE DANSKE
DINOSAURER



DINOSAURØ

Dinosaurenes tid er ikke helt slut på Bornholm

4

FOSSILJAGT

Geologisk kort viser, hvor du skal lede

14

FØRSTE FUND

Gymnasieelev fandt første danske dinosaur

16

Danske dinosaurer

Dinosaurer er ikke kun noget, der graves frem langt borte i støvede ørkener. Du kan finde dem i Danmark, hvis du ved, hvor du skal lede.

Indtil i sensommeren 2000 vidste man ikke, om der havde levet dinosaurer i det danske område. Nogle fagfolk var endda begyndt at tvivle på det, idet man aldrig havde fundet fossiler eller andre spor fra en eneste dansk dinosaur. Og det var altså ikke, fordi der ikke havde været gjort et forsøg. I årevis havde både geologer, palæontologer og erfarne, private fossiljægere ledt og ledt. Da det så endelig lykkedes, var finderens ingen anden end en gymnasieelev. Den dengang 18-årige Eliza Jarl Estrup deltog i et sommer-

kursus for amatørfossiljægere, og sad på et tidspunkt lidt afsides og hyggerodede i en grusbunke. Lige med ét lå der en tand fra en rovdinosaur i hendes hånd. Det første bevis på, at der havde gået en dinosaur rundt på dansk jord. Sensationen var landsomspændende, og Eliza blev lidt af en lokal verdensstjerne fra den ene dag til den anden. Tanden viste sig endda at være fra en helt ny art af mellemstore rovdinosaurer og blev opkaldt efter Bornholm: *Dromaeosauroides bornholmensis*. Siden da er en hel række fund kommet

for dagens lys. Kataloget over danske dinosaurer indeholder nu mindst otte forskellige slags. Fælles for dem alle er, at de er bornholmere, og sandsynligvis vil fremtidige danske dinosaurfund også være fra den lille solbeskinne klippeø. For det er faktisk kun her, man for alvor kan gøre sig håb om at finde spor fra danske dinosaurer. I resten af landet ligger de geologiske aflejringer fra dinosaurernes tid, og dermed de mulige rester fra dem, nemlig dybt begravet i undergrunden. Men at de store, berømte fortidsdyr findes inden for landets grænser, er da ikke så lidt sejt endda.

I dette Geoviden kigger vi på de geologiske fænomener,

der har skaffet Bornholm denne særstatus, herunder kontinentkollisioner, voldsomme landhævninger og skånske vulkaner. Derudover kan du selvfølgelig læse meget mere om de dinosaurfund, der indtil videre er gjort, samt møde to af finderne. Herunder Eliza Jarl Estrup, som i dag har gjort dinosaurerne til sin levevej.

God læselyst, god sommer og god fossiljagt!



Johanne Uhrenholt
Kusnitzoff
Redaktør og skribent

Find mere på

geoviden.dk/dedanskedinosaurer:

- Video: Fossiljagt med Jesper Milán
- Geologisk bornholmskort med info om alle Mesozoikum-lag og dinosaurfund
- Ekstra artikel om grønlandske dinosaurfund inkl. fotos fra ekspeditionerne
- Forklaring af nøglebegreber
- Alle figurer og artikler til download i enkeltfiler



UNDERGROUND
CHANNEL

Fossiljæger og museumsinspektør Jesper Milán fortæller om et af sine yndlingssteder at finde fossiler, nemlig Stevns, som indeholder rester af dyr fra slutningen af dinosaurtiden.

Ekspertter der har bidraget til dette Geoviden



Arne Thorshøj Nielsen
Lektor
Københavns Universitet



Sofie Lindstrøm
Seniorforsker
GEUS



Eliza Jarl Estrup
Forsker og udstillingsdesigner
GeoCenter Møns Klint



Jesper Milán
Museumsinspektør og geolog
Geomuseum Faxe



Bent Erik Kramer Lindow
Samlingsmedarbejder
Statens Naturhistoriske
Museum



Lars Clemmensen
Professor
Københavns Universitet



Dinosaurer på Bornholm

4

Danske dinosaurfund:
Geologisk skattekort

14

Danske dinosaurfund:
Gymnasieelev fandt
Danmarks første dinosaur

16

Danske dinosaurfund:
Forstenede fodspor
flød på stranden

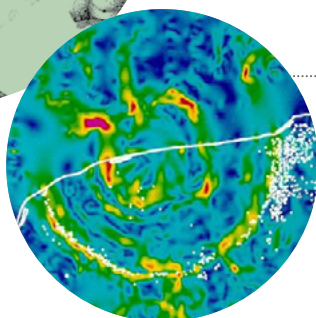
18

Datering af fossiler er
nøglen til Jordens dagbog

24

Et tyndt lag ler
med en stor historie

28

FIND DANEKRÆENE
I BLADET MARKERET
MED STEMPELET HER

DANEKRÆ

HUSK!

Fossiler fra dinosaurer og andre sjældne fortidsdyr skal indleveres til Statens Naturhistoriske Museum (SNM) i København, som vurderer, om de er så værdifulde for dansk naturhistorie, at de skal indgå i samlingen som såkaldte danekræ. I så fald får finderens en kompensation.



TÆT PÅ T. REX

Dinosaurernes tidsalder varede så længe, at *Tyrannosaurus rex* rent tidsmæssigt levede tættere på os mennesker end på de første dinosaurerarter fra Trias. Den berømte *T. rex* levede nemlig fra omkring 68 til 66 millioner år siden og var dermed en af de sidste dinosaurarter, der udviklede sig, inden masseudryddelsen gjorde det af med dem alle sammen.

Foto: A.E. Anderson, Wikimedia Commons

Se et af verdens flotteste skeletter af en *T. rex* på Statens Naturhistoriske Museums udstilling *Dinosaurernes konge* i København.

19. JUNI 2020 –
28. MARTS 2021

DINOSAURER PÅ BORNHOLM



Mindst otte forskellige slags dinosaurer er indtil videre fundet i Danmark – alle på Bornholm. Hvis der findes flere, bliver det højst sandsynligt også der, og det skyldes klippeøens helt specielle geologiske udvikling. Den har nemlig blotlagt de skatte, som er dybt begravet i resten af landet.

Mange danskere forbinder nok Bornholm med sommerferie, Krølle Bølle-is og røgede sild. Men hvad med dinosaurer? Det er nok lidt færre. Men faktisk er de fascinerende fortidsdyr lige så særegne for Bornholm som en omgang 'Sol over Gudhjem'. Du kan gå en tur på stranden på Bornholm og i bogstavelig forstand falde over et forstenet fodspor fra en langhalset sauropod. Eller du kan sidde på en skrænt og nyde udsigten over Østersøen og pludselig få øje på en tand fra en frygtindgydende dromaeosaur. En lang række dinosaurarter har nemlig levet i bedste velgående på den lille klippeø.

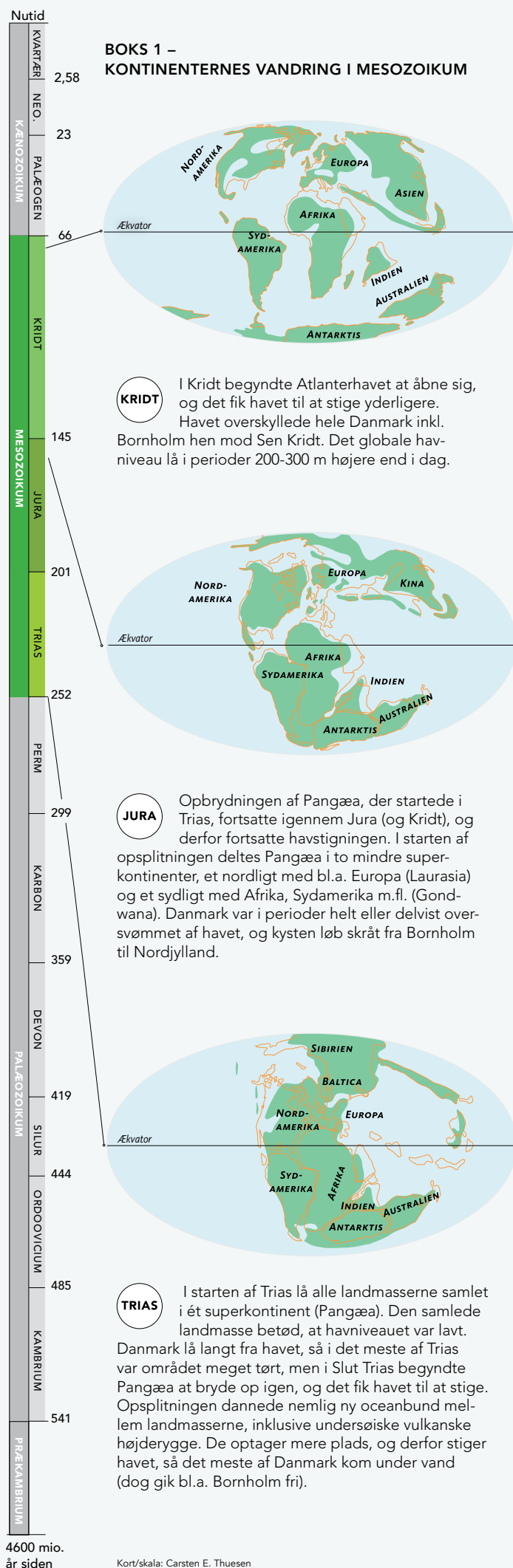
Der har givetvis også været dinosaurer i resten af Danmark, men dem kan man ikke på samme måde finde fossiler fra. Det fortæller lektor i geologi Arne Thorshøj Nielsen fra Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning på Københavns Universitet, som blandt andet underviser i Danmarks geologiske udvikling.

"I dag er Bornholm det eneste sted i Danmark, hvor vi har adgang til lag, hvor der kunne være dinosaurer. I resten af landet ligger de lag dybt begravet."

Dinosaurernes tidsalder

De geologiske lag, der kan indeholde rester af dinosaurer, er Trias, Jura og Kridt, som blev aflejret i tidsperioderne af samme navn, under én hat kaldet Mesozoikum. Trias- og Juralag kan kun ses på Bornholm, hvor de er blottet flere steder, særligt i skrænter på den sydlige del af øen, forklarer Arne Thorshøj Nielsen.

>



”Kridtlag er blottet flere steder i Danmark, for eksempel Møns og Stevns Klint, men de indeholder ikke dinosaurfossiler, da Danmark i den periode var dækket af hav.”

Mesozoikum var dinosaurernes tidsalder, og de opstod formentlig omkring midten af Trias og udviklede sig så til den dominerende dyregruppe i Jura og Kridt, indtil de mødte deres endeligt ved Kridttidens afslutning. Trias var den første tidsperiode i Mesozoikum, og den startede for 252 millioner år siden. Fra 201 millioner år siden og frem til 145 millioner år siden hed tidsperioden Jura, og derefter kommer Kridttiden, der endte brat for 66 millioner år siden. Dinosaurerne nåede altså at eksistere i næsten 200 millioner år. Ret imponerende, når man tænker på, at moderne mennesker kun har eksisteret 200.000 til 300.000 år.

Vulkaner løftede os op

I Mesozoikum var der selvfølgelig ikke noget, der hed hverken Bornholm endsige Danmark. Vores lille kongerige var i første del af Mesozoikum blot en navnløs del af det store superkontinent Pangæa, hvor alle kontinenter var samlet til ét. (Se Boks 1.) Da Pangæa begyndte at splitte op i slutningen af Trias for omkring 200 millioner år siden, begyndte havet at stige.

”Havet steg ad Pommern til i både Jura og Kridt, og derfor blev Danmark i Kridt til et dybt hav,” fortæller Arne Thors-høj Nielsen.

I Jura, altså den midterste tidsperiode i Mesozoikum, oplevede det danske område dog en landhævning over nogle millioner år, som for en tid reddede landet fra de stigende vandmasser. (Se Figur 1.) Der opstod nemlig en hel masse vulkaner i Nordsøen, samt i Skåne, af alle steder. Den vulkanske aktivitet og deraf følgende opvarmning løftede jordskorpen, så størstedelen af nutidens Danmark blev løftet fri af havet. Herunder Bornholm.

”Der lå cirka 100 meget aktive vulkaner i Skåne, og du kan se tydelige rester af flere af dem i dag. De dinosaurer, der er fundet rester fra på Bornholm, har givetvis haft lidt af en udsigt. Selvom det jo også har buldret lidt indimellem,” siger han.

Efter nogle millioner års buldren mistede vulkanerne dog pusten, og jordskorpen i det danske område kølede langsomt af. Det betød, at landet begyndte at synke sammen igen og simpelthen sank i havet hen mod den sidste tidsperiode i Mesozoikum, Kridt. I den sene del af Kridt-tiden var Danmark således totalt dækket af vand, og derfor finder man ikke fossiler fra dinosaurer, der levede på land.

”Derfor er Trias og Jura helt sikkert lagene at kigge på her i Danmark, hvis man vil gøre dinosaurfund, for her var meget af Danmark landjord, og så har der kunnet leve dinosaurer. På Bornholm er der dog kun enkelte små steder med Trias, så Jura er klart det bedste bud,” lyder anbefalingen fra Arne Thorshøj Nielsen. (Se s. 14-15 for nærmere placering af Trias- og Juralagene på Bornholm.)

Bornholm fik taget toppen

Grunden til Bornholms unikke status som Danmarks

>



MØD EKSPERTEN

Navn: Arne Thorshøj Nielsen

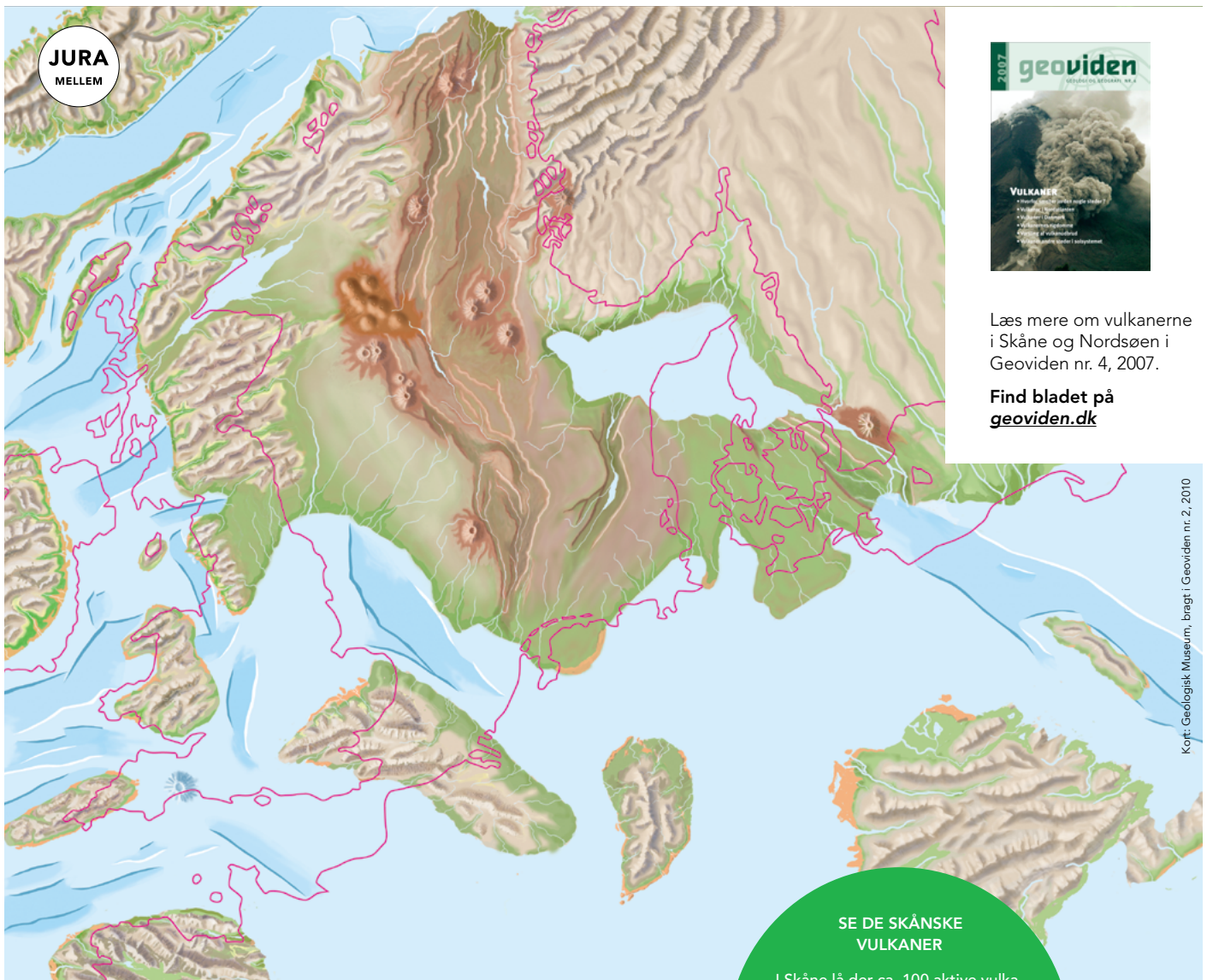
Stilling/arbejdsplads: Lektor, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet

Uddannelse: Dr.scient. i palæontologi, Københavns Universitet

Arbejder med: Fossile trilobitter og tidlige leddyr fra Kambrium og Ordovicium. Jeg bruger disse fossiler til at datere lagene, men min hovedinteresse er udredning af ændringer i havniveauet i de nævnte tidsperioder. Derudover arbejder jeg med rekonstruktion af fortidens geografi, særligt i Skandinavien, og udviklingen af det allertidligste dyreliv i tidlig Kambrium.

Færdiggør sætningen: "Forskning i fortiden er vigtig, fordi ..."

... det kan lære os om tidligere tiders dyre- og planteliv, Jordens historie og dens geologiske udvikling. Det giver bl.a. et bredere perspektiv, når nutidens miljømændringer skal evalueres: Hvor meget er menneskeskabt? Vores samfund er også dybt afhængigt af råstoffer – geologisk viden er fundamental for deres tilvejebringelse.



Figur 1 I Mellem Jura opstod der stor vulkansk aktivitet i Nordsøen og i Skåne (vist som kegleformede forhøjninger), som hævede landet imellem sig, herunder meget af Danmark. Kortet her er dermed et øjeblikksbillede fra Mellem Jura, hvor et bælte mellem Skåne og Nordsøen lå over havniveau, mens den nordlige halvdel af Jylland var kommet under vand fra det stigende havniveau i kombination med indsynkning i undergrunden i det område.

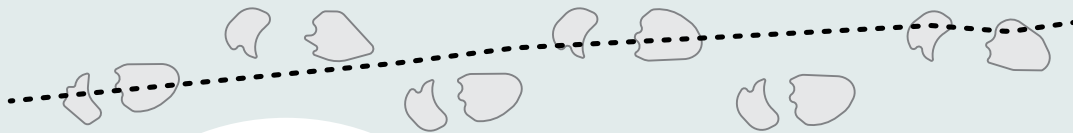
SE DE SKÅNSKE VULKANER

I Skåne lå der ca. 100 aktive vulkaner, og man kan stadig se rester fra flere af dem. Især vulkanruinen Gällabjär er et besøg værd, den ligger ved Röstångar midtvejs mellem Helsingborg og Kristiansstad og hæver sig 50 m op over terrænet. Også vulkanen Rallate ses der rester af i Söderåsen Nationalpark.



Læs mere om vulkanerne i Skåne og Nordsøen i Geoviden nr. 4, 2007.

Find bladet på geoviden.dk



BOKS 2 – DINOSAURSPOR I SKRÆNTEN

Det er ikke sådan, at dinosaurfossilerne ligefrem flyder rundt på jordoverfladen på Bornholm. De vil nærmere kunne findes i de skrænter, hvor de gamle Trias-, Jura- og Kridtlag er blottet. Sådan et findes f.eks. her ved Arnager (foto), nærmere bestemt skrænten ved Homandshald, hvor Rabekke Formationen (Tidlig Kridt) er synlig.

Her er ikke deciderede fossiler, men derimod **tværsnit af fodaftryk** fra langhalsede sauropoder. De ses som mørke fordybninger i det lange, lyse lag af sand (udvalgte forstørret). I Tidlig Kridt var området her en stor, sumpet flodslette, hvor de store dinosaurer har gået rundt og afsat dybe spor i muddret, som efterfølgende er blevet fyldt ud af det sorte, lerede sand. Det er nemmest at se sporene efter f.eks. en storm, hvor skrænten er blevet 'vasket ren'. Lignende tværsnit af sauropodspor er også fundet i en skrænt ved Sose Bugt.

Orienteringen og rækkefølgen på sporene i skrænten viser, at spormageren formentlig har været på vej i retning mod nutidens Rønne. Profilet øverst viser, hvordan forskerne tolker, at dinosaur eller dinosaurerne har gået (stiplet linje svarer til den blottede skrænt).

Underlaget har været så vådt og sumpet, at siderne i toppen af sporet her er begyndt at flyde sammen igen.

Fotos: Jesper Milan, Geomuseum Faxe

BOKS 3 – EROSION

Hvis de tektoniske kræfter pludselig rører på sig i et område og løfter en del af undergrunden op, så bliver bjergarterne udsat for et virvar af påvirkninger, der langsomt nedbryder (eroderer) de øverste lag. Det kan være regn, frost, vind, borende planterødder og bagende sol.

Bjergarterne på overfladen eroderes væk til mindre partikler af grus, sandkorn og ler, der spredes af vinden eller skylles ud i havet via floder. Ældre og ældre lag kan derved blive blottet, og derfor kan man være heldig at se nogle af de lag, der ellers ville være dybt begravet. For eksempel Trias-, Jura- og Kridt-lagene i de bornholmske skrænter og råstofgrave som illustreret her tv.

Hvis erosionen fortsætter, når man til sidst grundfjeldet, som man kan se på den nordlige del af Bornholm, hvor klipper af granit og gnejs mange steder ligger blottet.

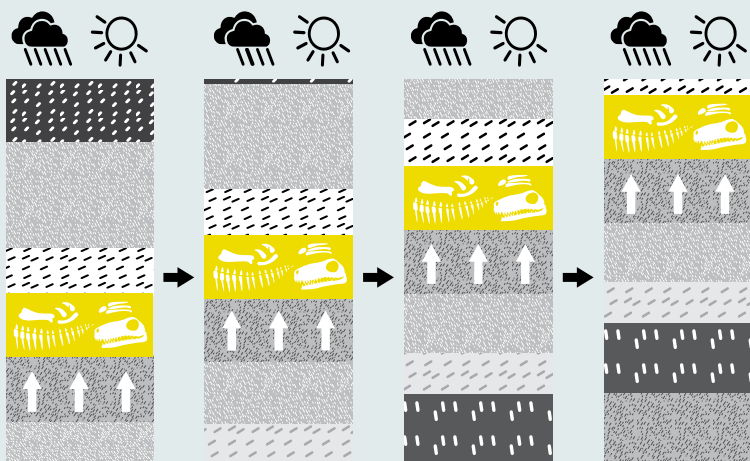


Illustration: Lykke Sandal, Geovidien

dinosaurer med sine blottede Mesozoikumlag er opløftning. (Se Boks 2.) Bornholm er ganske enkelt blevet hævet op fra undergrunden sammen med Sverige og Norge.

Opløftning af land fra den trygge undergrund betyder, at landet pludselig udsættes for elementernes rasen og begynder at blive nedbrudt. En proces, der også kaldes erosion. (Se Boks 3.) Det betyder, at de hævede områder – både grundfjeld og det overliggende sand, grus og ler, hvoraf de ældre lag er blevet mast sammen til sten – simpelthen er blevet hævlet af.

”Derfor er de yngste lag, man finder på Bornholm (under de allerøverste jordlag fra sidste istid, red.) cirka 85 millioner år gamle. Det vil sige lag, der blev aflejret 19 mio. år før det store meteornedslag, der udryddede dinosaurerne sammen med tre fjerdedele af alle arter,” fortæller Arne Thorshøj Nielsen.

”Opløftet begyndte lige så stille i Tidlig Kridt, men accelererede faktisk i, hvad jeg kalder nyere geologisk tid, altså inden for de seneste få millioner år.”

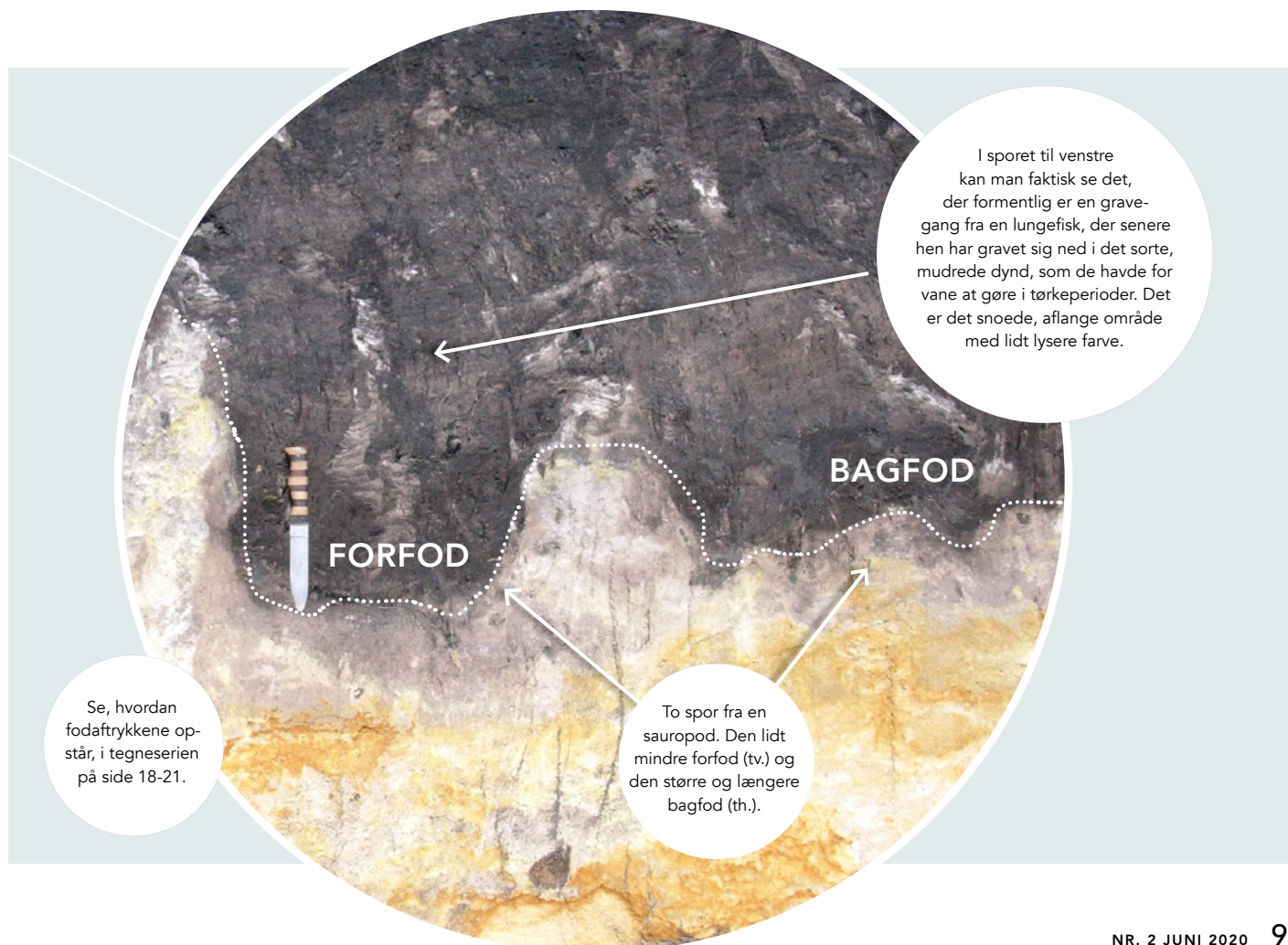
Alle de dinosaurer, der er fundet rester af på Bornholm, har altså levet i lykkelig uvidenhed om deres egen og deres artsfællers forestående undergang. Alt det materiale, der er aflejret i de seneste 85 millioner år i resten af Danmark, er simpelthen blevet skrælet af Bornholm. Af samme grund er det også det eneste sted i landet, man kan se klipper.

”Hvis du sammenligner Bornholm med for eksempel Sønderjylland, som ikke er blevet opløftet, og hvor der derfor ikke er >



HVAD ER GRUNDFJELD EGENTLIG?

Grundfjeldet er det urgamle underlag, som alle yngre lag hviler på. Det er dannet kilometerdybt under fortidens bjergkæder, hvor tryk og temperatur var så høje, at stenmasserne smeltede og/eller blev kraftigt deformeret og derved omdannet til gnejs og granit. I takt med, at bjergene efterfølgende blev slidt ned, hævede undergrunden sig, og grundfjeldet kom til sidst til at ligge i den nuværende overflade på Bornholm. Det bornholmske grundfjeld er knap 1,5 mia. år gammelt. Mange steder på især det nordlige Bornholm titter grundfjeldet op af græsset, som her, eller står som stejle klipper.



AFRIKA SATTE SKUB I OPLØFT I TORNQUIST ZONEN

Figur 3

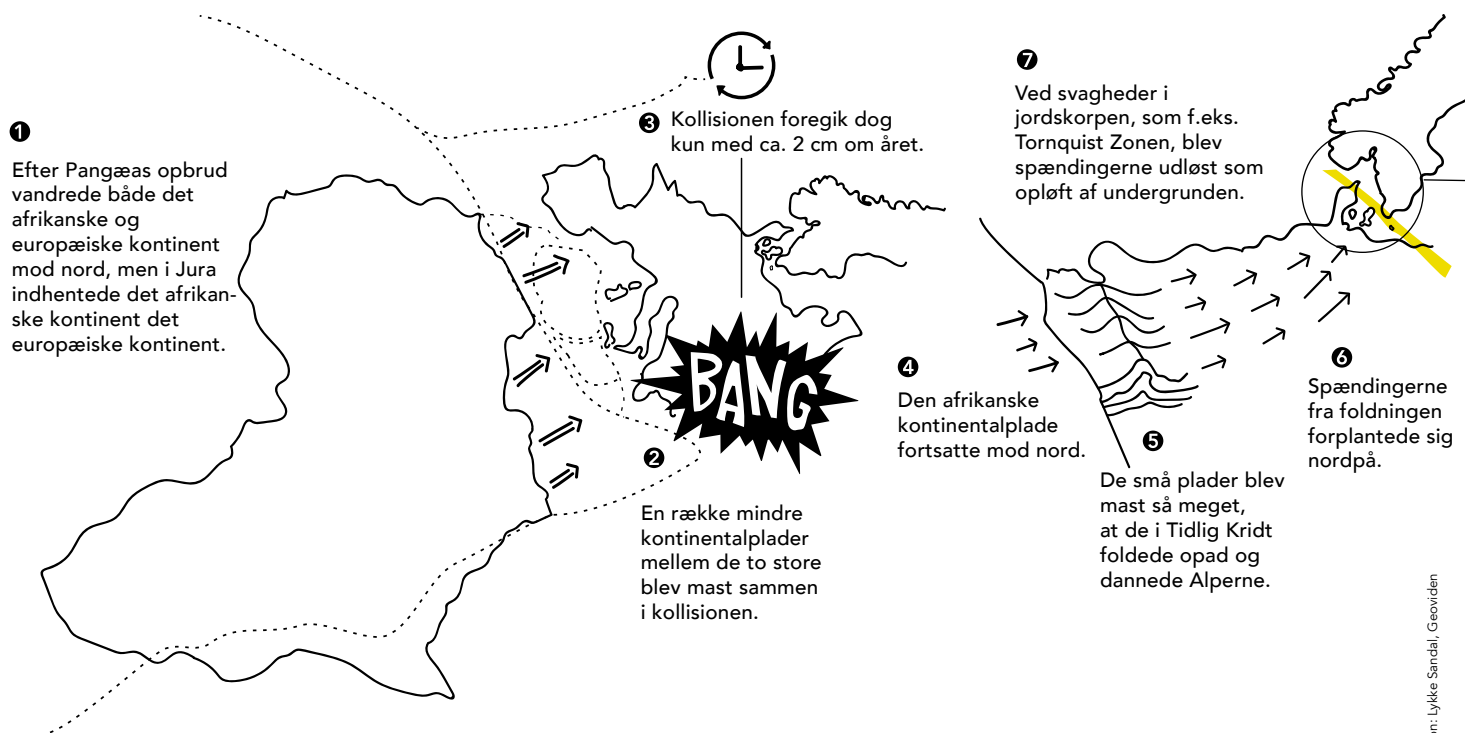


Illustration: Lykke Sandal, Geoviden

sket samme erosion, så er der en forskel på op til flere kilometer af geologiske lag. De lag mangler altså på Bornholm."

Tornquist Zonen

Grunden til denne forskelsbehandling i hævnning er en stor brudzone kaldet Tornquist Zonen (se Figur 3), der løber fra Skagerrak over Nordjylland henover Kattegat-Skåne og Bornholm og videre mod sydøst hele vejen til Sortehavet.

Tornquist Zonen er en såkaldt deformationszone, som er en svaghed i jordskorpen. Alt efter hvordan resten af skorpen bevæger sig, kan undergrunden i sådan en zone synke ind, opløftes eller brydes og forskubbes langs forkastninger. Sådan en svaghedszone opstod på tværs af nutidens Danmark for omkring 300 mio. år siden i Sen Karbon/Tidlig Perm, altså længe før, der var noget, der hed dinosaurer. Siden da var zonen faktisk det meste af tiden præget af indsynkning. Den indsynkning begyndte dog at slå bak, efter at der i Sen Trias begyndte at komme skub på sagerne sydfra. Her begyndte superkontinentet Pangæa nemlig at bryde op i mindre stykker, hvoraf både den unge eurasiske og afrikanske kontinentalplade langsomt begyndte at bevæge sig nordpå. Det foregik med nogle få centimeter om året, men dog med en lille forskel i hastighed, så Afrika i løbet af Juratiden begyndte at indhente Europa. Dengang lå der flere små kontinentalplader mellem Europa og Afrika, og da Afrika fortsatte sin færd nordpå, begyndte de små plader at blive mast sammen mellem de to store landmasser. I løbet af Kridt blev presset på de små plader så stort, at de begyndte at folde sig opad og danne det, vi i dag kalder Alperne.

Al den skubben og masen forplantede sig også i undergrunden på det europæiske kontinent som voldsomme spændinger.

"Ved svage steder i skorpen kunne spændingen udløses som blandt andet landhævnninger, og det er det, der er sket i

Tornquist Zonen," forklarer Arne Thorshøj Nielsen. Bevægelsen i den store svaghedszone på tværs af Danmarks undergrund gik altså nu fra indsynkning til opløft. I starten (Kridt) var opløftet ikke så udtalt, men det er siden accelereret, og derfor er lagene over Kridt i det område siden da blevet eroderet væk.

Skub-op-isen Bornholm

Opløftet i Tornquist Zonen foregik ikke helt jævnt over det hele, da den store brudzone også var gennemskåret af mange små, individuelle brudzoner på kryds og tværs. For eksempel i den del omkring nutidens Bornholm.

Skubbet fra Alpefoldningen sydfra betød, at en del af de blokke, der lå mellem de små brudzoner, blev mast opad som en skub-op-is, mens nogle blev skubbet nedad. Dem, der blev skubbet op, kaldes også for horste. Det er netop sådan en opskubbet blok, der i dag stikker op af Østersøen og kaldes Bornholm.

Utilgængelige jyske dinosaurer

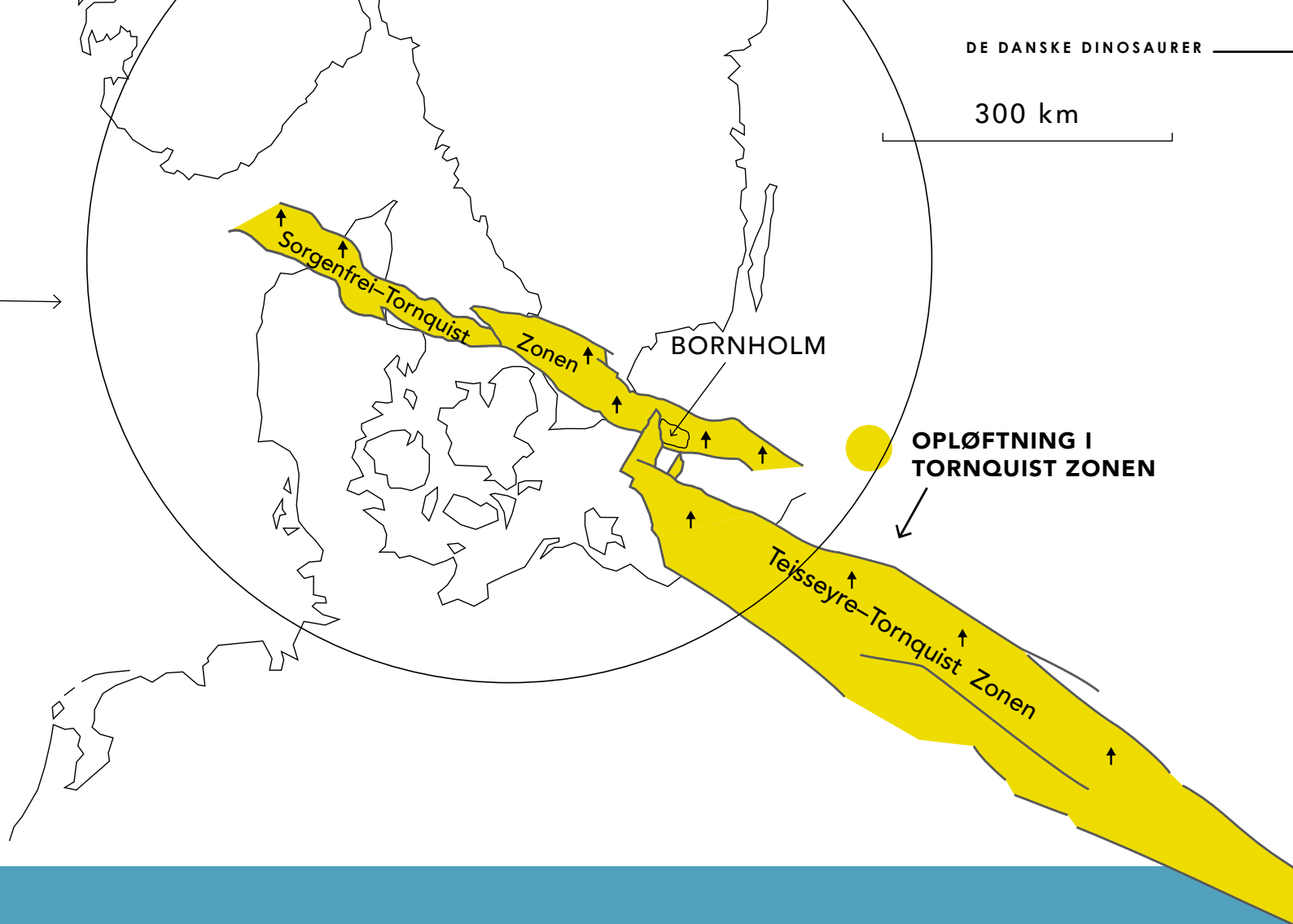
Man kan så spørge sig selv, hvorfor vi ikke støder på dinosaur-tænder og forstenede fodspor i for eksempel Nordjylland, som også ligger i Tornquist Zonen, og som derfor også blev løftet op og fik de øvre lag hævlet af.

Rent faktisk er der også store områder, hvor aflejringer fra Kridttiden ligger helt oppe ved overfladen. Det kan man se på kortet over undergrundens lag under de øverste istidsaflejringer, kaldet et Prækvartærkort. (Se Figur 4.)

Desværre for dinosaur-entusiasterne var hele Danmark som nævnt dækket af dybt hav i langt størstedelen af Kridttiden. Så >



300 km



HAVLEVENDE REPTILER

Dinosaurerne levede kun på landjorden, men havet i Mesozoikum var skam også fuldt af spændende livsformer. Blandt andet den store Mosasaur, man har fundet tænder fra i kridtet i Møns og Stevns Klint.

Mosasauren var ikke en dinosaur, men tilhører gruppen af skæløgler, også kaldet Squamater, som også indbefatter de nulevende slanger, firben og varaner.

De største mosasaurer kunne blive næsten 18 m lange og levede også i det danske havområde!



man vil ikke finde nogle dinosaurrester i Kridtlagene, men derimod muligvis hajtænder og andre fossiler fra datidens havdyr. Skulle man være insisterende og grave sig vej gennem Kridtlagene ned til lagene aflejret i Juratiden, er historien næsten den samme. I den periode var Bornholm og dele af det sydlige Danmark landjord, mens Nordjylland beklageligvis også dengang var dækket af hav, om end der var mere lavvandet end i Kridt. (Se Figur 1.)

Først i lagene fra Trias kan man i teorien gøre sig håb om at finde rester af dinosaurer i Nordjylland, men her er vi kommet så dybt ned i jorden, at det ikke lader sig gøre uden at grave halvdelen af Jylland op samtidig. For det sydlige Danmark er der heller ikke håb for fossiljægerne, for her ligger alle tre Mesozoikum-lag begravet under tykke lag sedimenter, der nogle steder er flere hundrede meter tykke.

Svenske dinosaurer i Danmark

Vi kan dog være glade for, at vi overhovedet har dinosaurfossiler i undergrunden, for det er ikke alle forundt. Opløftningen af Skandinavien nord for den store brudzone har nemlig gjort, at man ikke kan finde fossiler nord for Skåne, fortæller Arne Thorshøj Nielsen:

”Der har opløftningen medført, at det hele er blevet høvet af helt ned til grundfjeldet, som ligger blotlagt mange steder. Næsten alle rester af de dinosaurer, der givetvis har været masser af i Trias-, Jura- og Kridttidens Sverige, er derfor også nedbrudt og forsvundet sammen med de bjergarter, de lå i,” forklarer han.

”Faktisk er de fleste af dem formentlig skyllet med floderne ud i havet, som i lange perioder dækkede meget af det danske område. Derfor kan man egentlig godt sige, at alle de svenske dinosaurer nu ligger i småstykker spredt rundt i Danmarks dybe undergrund. Medmindre de er blevet totalt nedbrudt under transporten selvfølgelig, men det er da meget sjovt at tænke på.”•



DINOSAURSKELLETER I DANMARK?

Der er sandsynligvis ikke overvældende gode chancer for at finde hele skeletter fra bornholmske dinosaurer. Fordi Juratidens Bornholm var præget af store sumpede områder med relativt surt vand, er mange af de knogler, der engang har været, formentlig blevet opløst. Der er dog fundet et enkelt stykke af en knogle, så det er ikke umuligt.

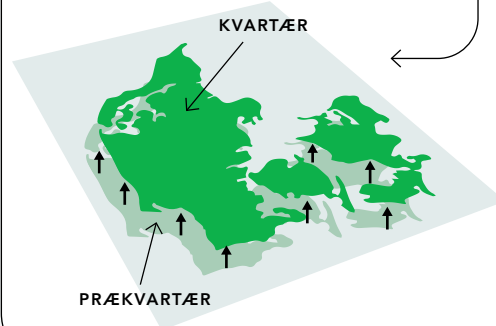
Foto: Greg Goebel, Museum of the Rockies



Det her kort er egentlig for hardcore geologer, men du kan også få noget ud af det, hvis du vil nogle lag dybere i at forstå, hvor man kan finde dinosaurer.

UNDER ISTIDSLAGENE

På kortet th. er Danmark befriet for det allerøverste jordlag, som består af materiale ført hen over landet af gletsjerfremstød i istiderne. Det lag kaldes Kvartærlaget, fordi perioden med skiftende istider (fra 2,58 mio. år siden til nu) hedder Kvartær. Alle lag under Kvartærlaget kaldes tilsammen Prækvartæret, og kortet th. er den allerøverste skive af Prækvartæret. Nogle steder kan man allerede her se lagene fra dinosaurtiden (Trias, Jura og Kridt), andre steder ligger de dybere nede.



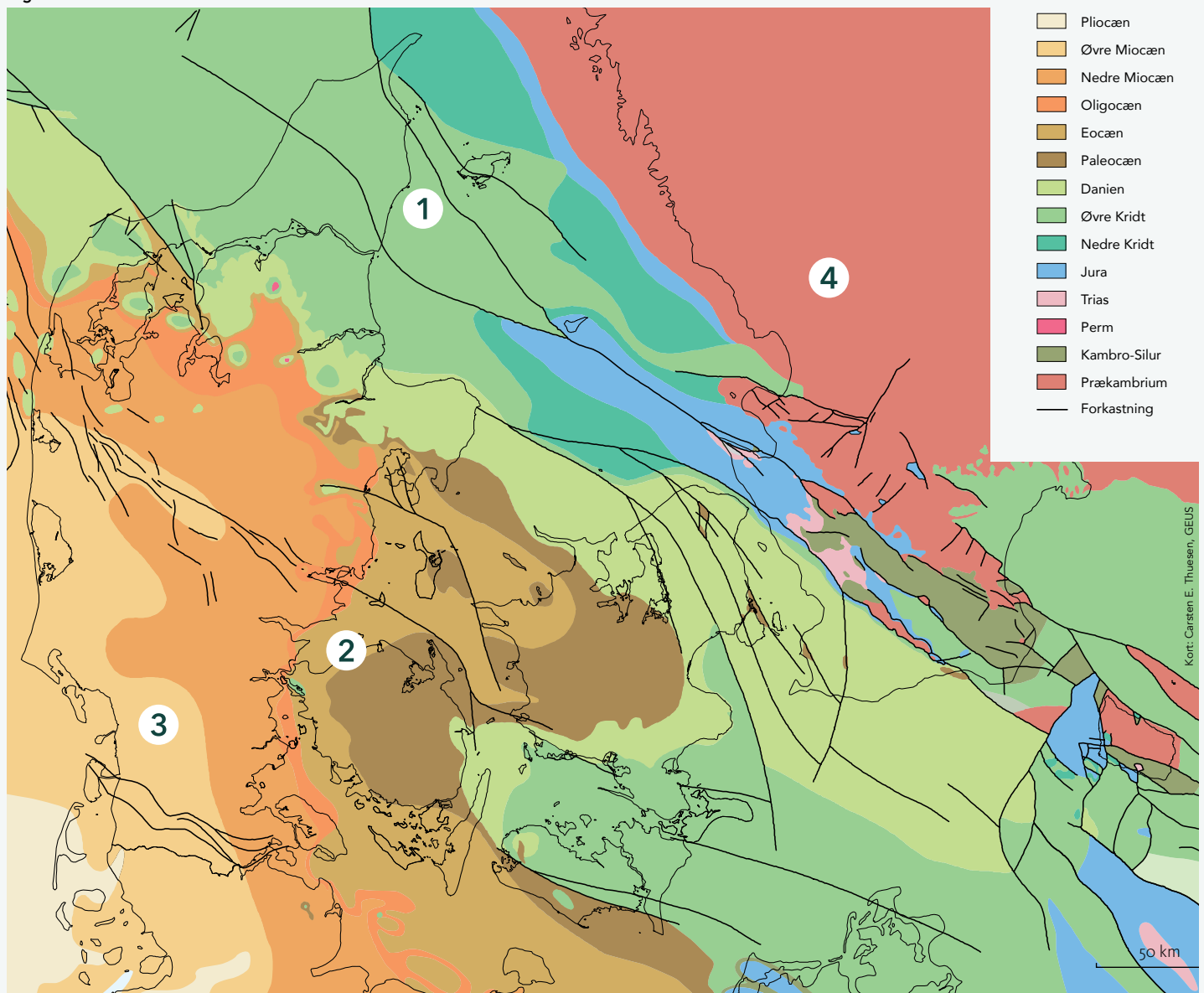
① OPLØFTNING

Det grønne bælte, der løber hen over Danmark fra Nordjylland til Bornholm (og videre mod sydøst), er lag fra Kridttiden. Bæltet falder sammen med det område, der blev opløftet i Tornquist Zonen, fordi det netop er det opløft, der har eroderet alle de nyere lag, der er blevet aflejret siden Kridt, væk.

② INDSYKNING

I det sydvestlige Danmark er lagene lige under istidsaflejringerne yngre (gule, brune farver), fordi de ikke er blevet løftet op og derfor ikke er blevet eroderet væk. Faktisk er de sunket ind, så lagene fra Kridt og fremefter er blevet ekstra tykke her.

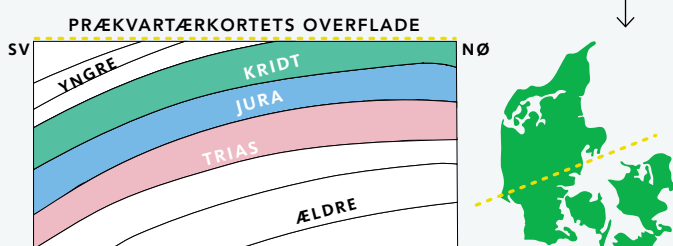
Figur 4



③ HÆLDNING MED SYDVEST

Mange steder findes lagene fra Trias, Jura og Kridt altså stadig under de yngre brune og gule lag på kortet, men man skal bare forestille sig, at de ligger længere nede. Havde man skåret et endnu tykkere lag af Danmark end blot istidslaget, så kunne man også have set de grøn-blå Mesozoikumlag i f.eks. Sønderjylland.

Man skal altså forestille sig, at kortet bare er et tværsnit af en undergrund, hvor lagene tilter skråt nedad fra nordøst mod sydvest som på skitsen herunder (forsimplet).



④ UFORSTYRRET ORDEN

I Sverige (nord for Skåne) er der sket så meget opløft og erosion, at det faktisk er grundfjeld fra Prækambrium, der ligger lige under istidslagene. Jo længere mod sydvest man kommer fra Sverige, des mindre har opløftet været, så der ligger de yngre lag stadig i mere eller mindre uforstyrret orden under istidslaget.

OPSUMMERING

Det springende punkt i figuren er, at selvom lagene fra Kridt ligger lige under istidsaflejringerne i andre steder af Danmark end på Bornholm, så var de alle sammen under vand, da dinosaurerne levede. Derfor finder man ikke dinosaurrester i lagene her, selvom de faktisk ligger lige ved overfladen. Både Jura- og Triaslagene er for dybt begravet til, at man vil kunne finde noget der på egen hånd.



JURA

HASLE FORMATIONEN (CA. 191-187 MIO. ÅR SIDEN)

Beskrivelse: Et cirka 140 m tykt lag af sedimenter, der er aflejret i havet tæt ved kysten på mellem 10 til 40 meters dybde. Består af gulbrune og rustrøde siltsten, finkornet sandsten og en smule grus. Nogle steder ler.

Fossilindhold: Da aflejringen er dannet på lavt vand, er dele af formationen rig på fossiler fra havdyr som hjartænder, ammonitter og muslinger, men der er også fundet et stykke af en dinosaurknogle samt aftryk af et lille fodspor. Fodsporet tyder på, at området i perioder har været tørlagt eller i hvert fald har været så lavvandet, at små dinosaurer kunne gå der og lede efter mad.

Hvor: Klinten syd for Hasle, Hasle Sydstrand.

✗ DINOSAURFUND

- 1 Fodspor, meget lille rovdinosaur, 2018.
- 2 Stykke af lårbensknogle, meget lille sauropodtype, 2018.

GEOLOGISK SKATTEKORT

Regel nummer et i jagten på dinosaurfossiler er at vide, hvor man skal lede. På de foregående sider har vi snævret ind, at man skal lede på Bornholm, men præcis hvor er de rigtige formationer, og hvor er der allerede gjort fund? Her får du et overblik, som uddybes på de næste otte sider.



PANSRET DINOSAUR
TYPE 2

4 SAUPOD (LANGHALS)
10

MELLEMSTOR ROVDINOSAUR,
NY ART (DROMAEOSAURIDES
BORNHOLMENSIS)

2 MEGET LILLE
SAUPODTYPE
1

SAUPOD, UNG
ELLER LILLE ART

PANSRET DINOSAUR TYPE 1

MELLEMSTOR
ROVDINOSAUR

MEGET LILLE ROVDINOSAUR

JURA

BAGÅ FORMATIONEN (174-166 MIO. ÅR SIDEN)

Beskrivelse: Direkte oven på Hasle Formationen ligger Bagå Formationen. Den er ca. 200 m tyk og er aflejret i et stort floddelta i Mellem Jura, og den har været et sumpet område, hvor landet indimellem blev oversvømmet af floder og søer. Består af sand med lag af silt, ler og kul. Formationens ler er før blevet udvundet i Bagågraven, hvor de stenblokke, der ikke kunne bruges, blev smidt på stranden. Graven er i dag oversvømmet og kaldes Pyritsøen.

Fossilindhold: Mange planterester og fodspor fra større hvirveldyr som dinosaurer.

Hvor: Pyritsøen og stranden nedenfor.



✗ DINOSAURFUND

- 3 Fodspor, pansret dinosaur type 1, 2004.
- 4 Fodspor x 2, stor sauropod, 2004.
- 5 Fodspor, mellemstor rovdinosaur, 2010.
- 6 Forreste del af fodspor, pansret dinosaur type 2, 2010.
- 7 Forreste del af fodspor, mindre sauropod, 2010.

FIGUR 5

UNDER ISTIDSLAGENE

Kortet viser, hvilke lag der ville ligge øverst, hvis man løftede Bornholms istidsaflejringer (Kvartær-lag) af. Kvartær-laget er de nyeste meter af materiale aflejret i de seneste 2,6 mio. år – den periode, der kaldes Kvartær, og som vi stadig lever i.

BORNHOLM

10 KM

MESOZOIKUM

Kridt
Øvre
NedreJura
Nedre-mellem

Trias

- Bavnodde Grønsand
- Arnager Kalksten
- Arnager Grønsand
- Jydegård Formation
- Robbedale Formation
- Rabekke Formation
- Bagå Formation, Sorthat Formation
- Hasle Formation
- Rønne Formation
- Kågerød Formation
- Ældre formationer og grundfjeld

Efter Jydegård Formationens aflejring dækkes Bornholm af dybt hav, og derfor kan der ikke findes dinosaurer her.

Aflejringer fra Øvre Jura mangler på Bornholm og er formentlig blevet nedbrudt. Derfor ligger Rabekke Formationen fra Tidlig Kridt direkte oven på Bagå Formationen fra Mellem Jura.



Find et udbygget geologisk kort med forklaring til alle Mesozoikum-lag på geoviden.dk/dedanskedinosaurer

PROFILSPOR (SAUROPOD), RABEKKE FORMATIONEN VED ARNAGER, SE SIDE 8.

PROFILSPOR (SAUROPOD), RØNNE FORMATIONEN VED SOSE BUGT.

KRIDT

JYDEGÅRD FORMATIONEN
(145-140 MIO. ÅR SIDEN)

Beskrivelse: Aflejring fra Tidlig Kridt på op til 110 m, som består af fin- og grovkornet sand med områder af ler. Formationen er dannet i en lagune mellem kysten og en såkaldt barriereø, og vandet i lagunen er i perioder skiftet fra fersk til svagt salt (brakvand), når der har været indtrængning fra havet.

Fossilindhold: Rig på fossiler fra dyr, der levede i og nær vand, herunder dinosaurer, muslinger, krebsdyr, skildpadder, krokodiller, hajer m.fl.

Hvor: Carl Nielsens Grusgrav (nu oversvømmet).

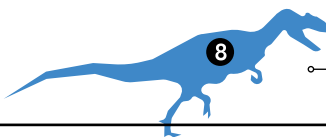


Foto: GEUS



DINOSAURFUND

- 8 Tand, mellemstor rovdinosaur, ny art (*Dromaeosauroides bornholmensis*), 2000 (første dinosaurfund i Danmark).
- 9 Tand, mellemstor rovdinosaur, måske *D. bornholmensis*, 2008.
- 10 Tand, sauropod, 2002.
- 11 Forstenet lort, måske fra dinosaur, 2011.



GYMNASIEELEV FANDT DANMARKS FØRSTE DINOSAUR

Som 18-årig var Eliza Jarl Estrup den første til at finde et fossil fra en dansk dinosaur, hvilket mange erfarne fossiljægere havde forsøgt i årevis. På en sommerferietur til Bornholm lå tanden fra en rovdinosaur pludselig i hendes hånd.

Kan du beskrive den dag, du fandt tanden, og hvordan du oplevede det?

"Siden mine tidligste barneår har jeg drømt om at blive palæontolog, så da jeg fyldte 18, fik jeg et fossilkursus for amatører på Bornholm i fødselsdagsgave. Her kom vi rundt på hele øen

og så forskellige lokaliteter fra forskellige geologiske perioder, blandt andet grusgraven ved Robbedale (der nu er oversvømmet, red.), hvor der er aflejringer fra Tidlig Kridt. I de aflejringer kunne man – teoretisk set – finde rester fra dinosaurer, men der var

aldrig blevet fundet noget før. Alligevel havde kursets arrangører været så frække at kalde kurset 'Jagten på den danske dinosaur', så det var da helt bestemt et stort ønske for alle, at der snart blev fundet en dansk dinosaur. Jeg holdt egentlig pause og sad lidt afsides sammen med min daværende kæreste, som også deltog på kurset, og kørte hænderne igennem gruset, da der pludselig helt tydeligt lå en tand mellem mine fingre. Jeg kunne se, det var en tand, men havde ingen anelse om hvilken slags. Jeg tror ikke engang, tanken om at den kunne være fra en dinosaur, strejfede mig, da det jo på det tidspunkt var helt uhørt at finde sådan en. Men jeg gik selvfølgelig hen og viste den til kursets arrangører (Per Christiansen og Niels Bonde, red.). 'Tror du det samme som mig?', sagde Per til Niels, og så kiggede de begge på mig og sagde: 'Det ligner en lille rovdinosaurtand!'. Så brød de simpelt hen ud i sang."

Hvordan havde du det, da det blev bekræftet, at det var det første danske dinosaurfund?

"Jeg turde næsten ikke tro på, at det var sandt. Det var simpelthen for vildt. Det var en drøm, der gik i opfyldelse!"

Gav fundet af tanden dig lyst til at arbejde med dinosaurer?

"Jeg tror mere, man kan sige, at jeg kun deltog i kurset – og fandt tanden – fordi jeg drømte så inderligt om at blive palæontolog. Men det er klart, at hele den oplevelse endte med at blive ret skelsættende for mig alligevel. At have fundet Danmarks første dinosaurtand har helt sikkert også hjulpet mig på vej sidenhen. Da jeg fandt tanden, gik jeg jo kun i gymnasiet, men da jeg begyndte på universitetet, kendte jeg allerede stort set alle i det palæontologiske miljø i København. Så jeg kunne lynhurtigt gebærde mig. Det var også nemt at komme i kontakt med udenlandske palæontologer, så jeg tilbragte alle



FJERKLÆDT

Efterhånden er palæontologerne enige om, at alle rovdinosaurer har haft fjer, mange af dem har været helt fjerklædte. Nogle kunne muligvis endda flyve eller svæve.

D. bornholmensis har været 2-3 m lang, lidt under 1 m høj og har formentlig ligesom Velociraptoren fra 'Jurassic Park' haft en meget stor slagteklo på hver indertå. Den har desuden været fjerklædt. Denne udgave er en rekonstruktion, der kan ses på NaturBornholms udstilling om de danske dinosaurfund, og er altså et bud på, hvordan Bornholms egen lille rovdinosaur måske kan have set ud.

Foto: NaturBornholm



FUND Tand fra rovdinosauren *Dromaeosauroides bornholmensis*, den første af sin art, og derfor navngivet efter finde-stedet. Navnet betyder hurtigtløbende øgle fra Bornholm, og den er det ældste fund fra en Dromaeosaur i Europa.

Til højre kan du se, hvor tanden formentlig har siddet. Det er den øverst i munden. Tand nr. to blev fundet i 2008 og menes måske at stamme fra samme art.

STED/GEOLOGI Bornholm, år 2000, Carl Nielsens Grusgrav ved Robbedale. Fundet i Jydegård Formationen, der er ca. 140 mio. år gammel, aflejret i Tidlig Kridt.

Foto: Steen Lennart Jakobsen, SNM



Foto/illustration: NaturBornholm

mine studietidssomme med at tage rundt på udgravninger i hele verden."

Ud over tanden har du så et yndlingsfund fra fortiden?

"Hmm, jeg er personligt ret vild med de små *Psittacosaurus*'er fra Liaoning-provinsen i Kina. Det er en lille Ceratops-type, der er i familie med den velkendte Triceratops, og som har de underligste lange hår på halen, der faktisk har vist sig at være fjer. Jeg synes, de er helt utrolig nuttede at se på med deres lille størrelse og underlige udseende med det karakteristiske papegøjenæb. Jeg var selv af sted et halvt år som udgravningsleder på en udgravning i Liaoning i Kina i 2011, og der håbede jeg selvfølgelig at falde over sådan en lille papegøjenæbsøgle, men det skete desværre ikke."

Har du et godt tip til, hvordan man bliver en god fossilfinder?

"Man skal bare have øjnene med sig – eller måske fingrene. Så skal man selvfølgelig undersøge den geologiske alder på det sted, man har tænkt sig at lede. Hvis man vil lede efter dinosaurer, kan det ikke nytte noget at lede i sin baghave. Medmindre man lige bor på Bornholm. Til gengæld kan man finde spændende fossiler fra Kridthavets dyr på de steder, hvor kridtet ligger blotlagt. Det er for eksempel tilfældet ved Møns

Klint og Stevns Klint, hvor man kan finde tænder og andre rester fra de spændende dyr, der levede i havet dengang."

Du opnåede din barnedrøm. Tror du, at du vil være palæontolog resten af dit liv?

"Tja, min personlige historie er jo faktisk endt sådan, at jeg trods min uddannelse og min gamle drøm ikke længere arbejder direkte som palæontolog. Nu arbejder jeg med selve formidlingen af palæontologi og naturhistorie ikke kun på skrift, men i særdeleshed i udstillinger og er faktisk endt med at lave en erhvervs-ph.d. i naturfagsdidaktik. Jeg fandt ud af, at det gav mest mening for mig at levendegøre den fantastiske verden, der fandtes for millioner af år siden, for andre, og at bringe den vigtige viden, de gamle verdener kan berige os med, videre til folk, så flere kan få øjnene op for, hvor vigtig naturhistorien egentlig er. Jeg kunne dog aldrig være kommet hertil, hvis det ikke havde været for min store passion for dinosaurer. Og for den gode, gamle dinosaurtand fra Bornholm!" •



MØD EKSPERTEN

Navn: Eliza Jarl Estrup

Stilling/arbejdsplads: I øjeblikket projektansat som projektleder og udstillingsdesigner på Geocenter Møns Klint.

Uddannelse: Biolog med merit fra geologi, speciale i dinosaurfysiologi, senere ph.d. i naturfagsdidaktik.

Arbejdsområde: Udstillingsdesign og formidling af naturvidenskab. Jeg har især et stort kendskab til, hvordan naturhistoriens grundprincipper (som adskiller sig en del fra de øvrige grene af naturvidenskaben) kan omformes til konkret formidlingsmateriale. Helst noget, hvor man får kendskab til basale færdigheder, samtidig med at man lærer noget om f.eks. dinosaurer.

PSITTACOSAURUS
– ELIZAS FAVORITDINOSAUR
UDOVER D. BORNHOLMENSIS

Rekonstruktion: Robert Nicholls
Wikipedia Commons





FORSTENEDE FODSPOR FLØD PÅ STRANDEN

To år efter fundet af Danmarks første dinosaurtand gik geolog Jesper Milán rundt på en bornholmsk strand i håb om at finde et dinosaurfodspor. Han troede næsten ikke sit held, da han på kort tid faldt over hele tre styk fra to forskellige arter!

Hvordan husker du dagen, hvor du fandt det første dinosaurfodspor?

"Jeg havde lige skrevet speciale i geologi om forstenede dinosaurfodspor og havde selvfølgelig en stor drøm om at finde et i virkeligheden. Blandt andet i forbindelse med specialet havde jeg studeret en række geologiske logs og kort over de forskellige formationer på Bornholm, og især Bagå Formationen så lovende ud. I Juratiden havde der nemlig været en mudret flodslette, der jævnligt blev oversvømmet af floderne, som bragte sand og ler med sig. Derfor kunne eventuelle fodspor afsat i muddret være blevet fyldt ud med sand og dermed bevaret. Bagå Formationen blev brudt i

en stor lergrav mellem Hasle og Rønne, hvor man udnyttede lerlagene i den til den lokale klinkefabrik. Jeg havde set flere beskrivelser i gamle geologiske rapporter af underlige deformationer i sandstenslagene derovrefra. De deforma-

"Det kan ikke være så let, det kan ikke passe"

tioner kunne meget vel være forstenede fodspor, tænkte jeg. I dag er lergraven ikke aktiv mere og er derfor med tiden blevet fyldt med vand og kaldes Pyrit-søen, så det er desværre ikke muligt at undersøge lagene i den mere. Men

dengang man indvandt ler i graven, var man ikke interesseret i sandstenslagene, så hver gang de stødte på sådan et, blev det brudt op.

En del af de store sandstensblokke fra bruddet blev tippet ud over skrænten og ned på stranden, hvor de stadig lå og altså var lige til at undersøge.

Da jeg så om sommeren i 2004 kom med som hjælpelærer på en studietur til Bornholm for geologistuderende fra Københavns Universitet, skyndte jeg mig at køre over til Bagå Formationen, da vi havde sat de studerende i gang. Jeg kom ned på stranden og fik hurtigt øje på en stor sandstensblok med en interessant deformation, der trådte tydeligt frem på toppen. 'Det kan ikke være så let, det kan ikke passe. Så heldig kan man ikke være', tænkte jeg.

Så jeg gik faktisk en længere tur ned ad stranden, før jeg kom tilbage til stenen igen og kiggede ordentligt på den. ➤

SÅDAN DANNES FORSTENEDE FODSPOR (OG ENDER PÅ EN BORNHOLMSK STRAND)

En vilkårlig dag i Juratidens Bornholm, hvor området ligger ud til kysten og er præget af floder, søer og sumpede områder.

Illustration: Ane Damgaard Asmussen, GEUS

En vilkårlig dinosaur går ned til et vandhul tæt ved en af floderne.



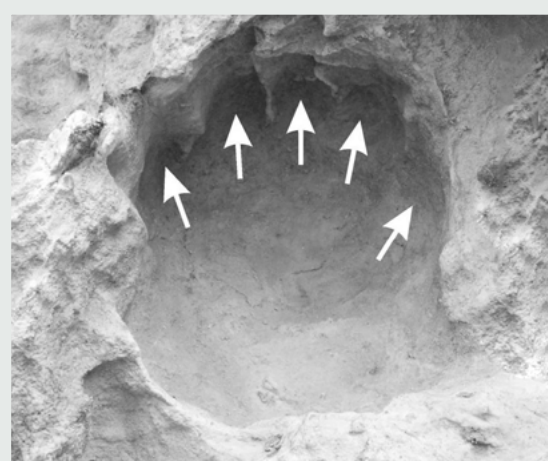
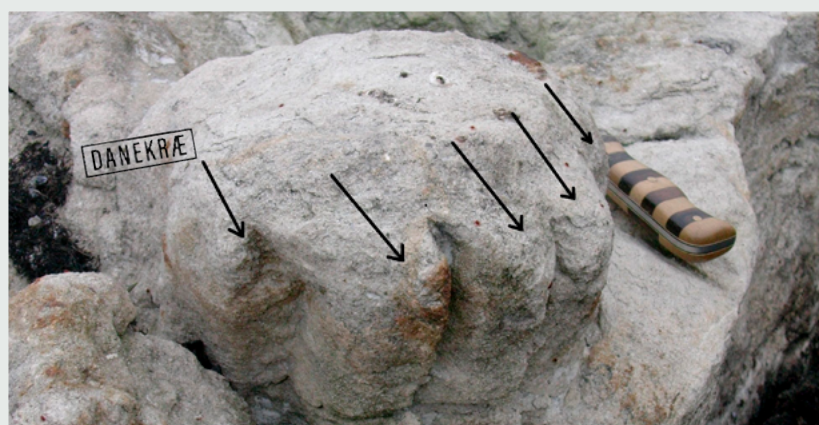
Jorden er mudret, så dinosauren sætter tydelige fodspor på vejen.



Ekstra artikel!
Om grønlandske dino-
saurfund + billedgalleri
på [geoviden.dk/](http://geoviden.dk/dedanskedinosaurer)
dedanskedinosaurer

FUND Forstenet fodspor fra forbenet på pansret dinosaur. Fodsporet er lavet ved, at naturlige fodspor fra dinosaurer er blevet fyldt op med sand. Sandet er med tiden hærdet og blevet til sten, og det er den sten med en naturlig afstøbning af aftrykket, Jesper Milán her sidder ved midt på stranden. Sporet har fem små, korte tæer, som er karakteristisk for pansrede dinosaurer.

STED/GEOLOGI Sporet er ca. 170 mio. år gammelt og stammer fra Bagå Formationen, som er aflejret i midten af Jura.



Da sporet var bragt til Geologisk Museum i København, tog Jesper og kollegerne en afstøbning af det, så man kunne se fodsporet, som det har set ud, da det blev sat. De fem tæer er afmærket. Foto: Jesper Milán

Noget tid efter begynder vandstanden i floden at stige, så hele flodsletten udenom kommer til at stå under vand. Herunder de spor, der stadig sidder i mudderet.



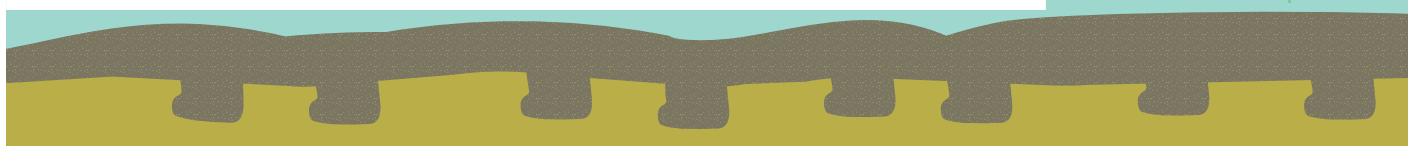
Med flodens vand kommer der en del sand og andet materiale, som falder ned i sporene.



Til sidst er sporene helt fulde af sand

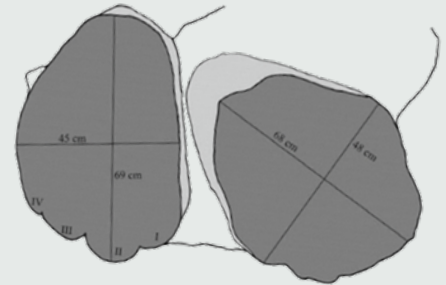
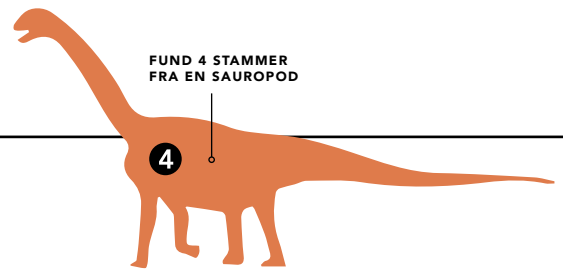


Der bliver ved med at falde nyt sand ned på flodbunden, så der med tiden opbygges et tykt lag oven på dinosaurfodsporene.



Fortættets næste side

DANSKE DINOSAURFUND



DANEKRÆ

FUND To forstenede fodspor fra bagbenene på en stor sauropod. Især på sporet tv. er de fire små tæer tydelige. På billedet vender begge spor med tæerne ned (skråt ned th.). Ligesom sporet fra den pansrede dinosaur (s. 18-19) er sporene naturlige afstøbninger.

STED/GEOLOGI Sporene er fra den ca. 170 mio. år gamle Bagå Formation, som er afsat i midten af Jura.

Og der var ingen tvivl – der var fem tydelige tæer, som klart pegede på, at det måtte være sat af en type af pansret dinosaur. Det var helt vildt. Jeg fik hurtigt ringet til de andre lærere og de studerende og fik dem ned på stranden, for at se om vi kunne finde flere. De var vildt begejstrede, og der gik ikke ret længe, før vi fik øje på en anden stor sandstensblok i vandet, som så interessant ud. Ved fælles hjælp fik vi tippet den om på den anden side, og der var to store, tydelige spor fra en sauropod! (Se herover.) Det var en god dag. Jeg

fandt lidt senere ud af, at en lokal geolog havde brugt stenen med sporet fra den pansrede dinosaur som siddesten på sine fisketure i mange år. Du kan tro, han var træt af, at han ikke selv havde lagt mærke til sporet.”

Hvad gjorde I med sporene?

”Jeg fik ringet til en vognmand, der kom og trak blokkene op fra stranden, og så fik vi dem kørt til København. Her undersøgte vi dem, tog gipsaftryk, og derefter blev de udstillet i gården på Geologisk Museum. Nu står de igen, hvor de hører >

Se sporene og livagtige 1:1-modeller af føddernes ejermænd på NaturBornholm ved Aakirkeby.

Du kan også besøge en del af museet virtuelt på naturbornholm.dk

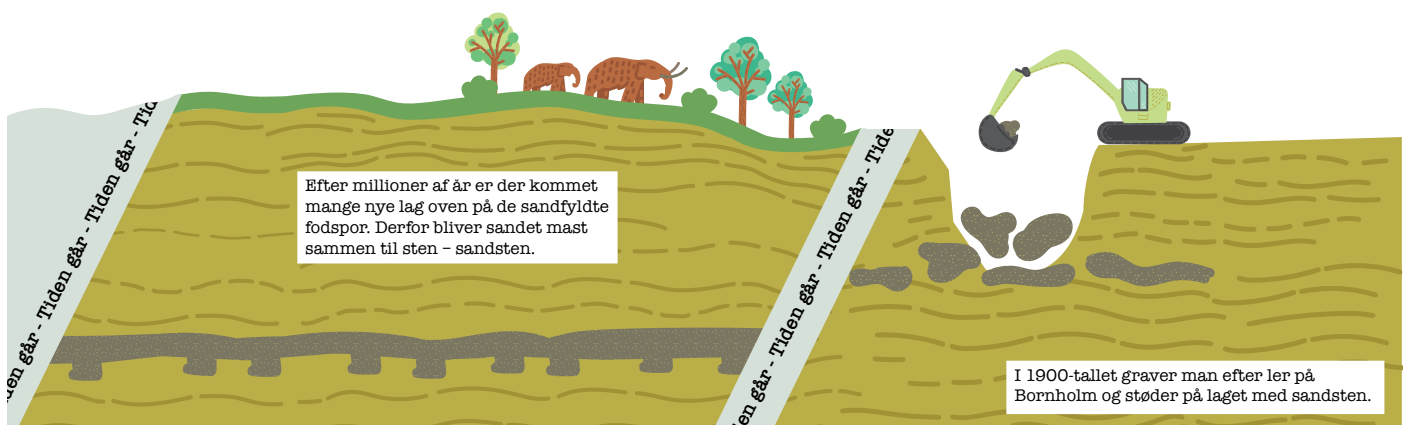




Foto: Jesper Milán

Et hold af geologistuderende blev tilkaldt for at hjælpe med at vende sten på stranden foran Pyritsøen, den gamle Bagågrav. Her er de i gang med at vende stenen med de to sauropodspor om. (Foto: Jesper Milán, Geomuseum Faxe).

hjemme, på NaturBornholm. Siden da er der jo fundet mange flere fodspor på Bornholm. Jeg har selv gået rundt på stranden, hver gang jeg har været derovre, for at se, om der skulle være noget mere. Jeg har fundet flere aftryk, som jeg selv er sikker på er fodspor, men som er for nedslidte til, at det kan bevises. Derudover er der også flere steder i skrænterne derovre, hvor der er tydelige fordybninger i sedimentlagene, som må være fodspor. Vi kan ikke rigtig komme til at undersøge videre uden at ødelægge dem. Men de er da flotte at se på."

Er alt så fundet derovre efterhånden, tror du?

"Altså, det håber jeg bestemt ikke! Og det tror jeg heller ikke. Hver gang det er lavvande, er der måske nye sten, der bliver synlige, eller en storm kan klarlægge noget nyt fra skrænterne. Der kan sagtens stadig gøres nye fund. Faktisk er der nok snart spændende nyheder på den front. Det kan jeg forhåbentlig sige mere om senere i 2020." •

DINOSAURLIV I FAXE

Geomuseum Faxe har netop åbnet en helt ny udstilling om dinosaurernes liv fra unge til voksen. Se bl.a. dinosauræg, reder og dinosaurfamilier, og prøv selv at udgrave et fossil.

Udstillingen varer fra 22. maj til 31. oktober 2020.

geomuseumfaxe.dk



MØD EKSPERTEN

Navn: Jesper Milán

Stilling/arbejdsplads: Museumsinspektør, Geomuseum Faxe

Uddannelse: Ph.d. i geologi

Arbejdsområde: Mit primære arbejdsområde er faunaen fra kridtet og kalken i Danmark og ændringerne i faunaen hen over Kridt/Palæogen-grænsen, både på forsknings- og formidlingsplan. Derudover er jeg involveret i udgravninger i Østgrønland, hvor vi undersøger Triastidens fauna, samt alle interessante projekter, jeg kan bidrage fagligt til.



Da det kun er ler, man er ude efter, bliver sandstensblokkene hældt ned på stranden ved siden af.

Her ligger de til frit skue i nogle årtier, indtil en opmærksom geolog en dag kommer forbi.

DANSKE DINOSAURFUND

De resterende otte af de elleve danske (bornholmske) fund kan du læse kort om her.

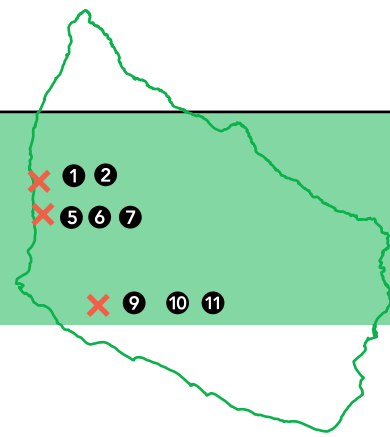
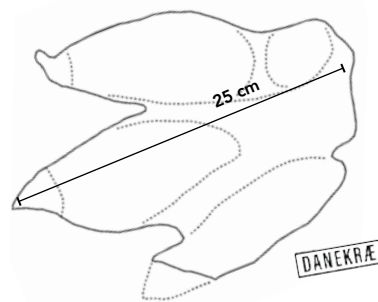


Foto: Jens Kofoed, Natur Bornholm

SPOR, ROVDINOSAUR

Et næsten komplet fodspor fra en rovdinosaur blev fundet på en sandstensblok af en lystfisker i 2010, da han gik tur på stranden ud for Pyritsøen. Fodsporet er 25 cm langt og har tre slanke tæer med kløer og synlige trædepuder (for det trænede øje).

Sporet stammer fra venstre fod på en rovdinosaur, og størrelsen på sporet viser, at den har været omkring 120 cm høj over hofterne og ca. 4 meter lang. Hvilken art der er tale om vides dog ikke, for mange af rovdinosaurernes spor minder meget om hinanden. Dog er det ikke fra samme art, som der blev fundet tænder fra i 2000 (*Dromaeosauroides bornholmensis*, se s.18-19), da den sandsynligvis havde en meget stor klo på inderste tå, ligesom den berømte velociraptor, og derfor mest gik på de to yderste tæer.



Sporet er en naturlig udfyldning af det rigtige spor, så derfor buler det op i stedet for ned. Det blev oprindeligt afsat i et kystmiljø for ca. 170 mio. år siden, altså i Mellem Jura, som nu kendes som Bagå Formationen.



DINOSAURLORT?

I 2011 blev der fundet et stykke af en 140 mio. år gammel forstenet lort, også kaldet en koprolit, i Jydegård Formationen. Den er ca. 4 cm lang og 2 cm tyk og er formentlig lagt på en sø- eller flodbred.

Det har ikke hidtil været muligt at identificere, præcis hvilket dyr der har lagt den, men da den blev undersøgt i bl.a. en CT-scanner, viste den sig at indeholde fiskeben og -skæl samt flere maddikehuller. Sammen med form og størrelse tyder det på, at den kunne være fra en kødædende skildpadde, men der kan også være tale om en mindre rovdinosaur, der har været heldig at få fat i en fisk på det lave vand.

Måske *D. bornholmensis*?

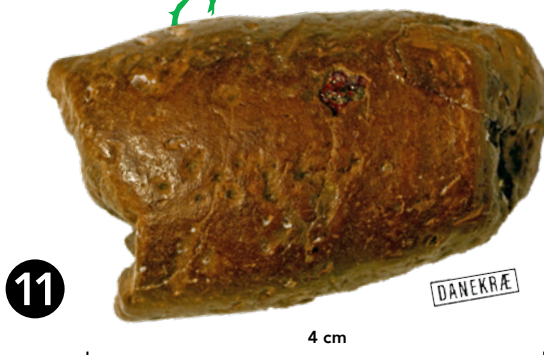


Foto: Steen Lennart Jakobsen, SNM

TAND, SAUROPOD

Formentlig en tand fra en af de store sauropoder, men tanden er i meget dårlig stand, så det er svært at bestemme en art. Dog ved man, at tandens ejermand må have levet for 140 mio. år siden, altså i tidlig Kridt. Tandens er fundet i 2002 i Carl Nielsens Grusgrav ved Robbedale i det geologiske lag ved navn Jydegård Formationen.



Foto: Steen Lennart Jakobsen, SNM

FLERE TÆNDER!

Mellem 2004-05 fandt et forskerhold 15 stykker af små rovdinosaurtænder i Rabekke Formationen (Arnager Bugten).

DANEKRÆ



Foto: Jens Kofod, Natur Bornholm

9

TAND, ROVDINOSAUR

En naturvejleder fra NaturBornholm fandt tilfældigvis en tand fra en rovdinosaur i en kasse med grus fra Carl Nielsens Grusgrav (Jydegård Formationen), der skulle bruges til noget undervisning med at bygge krokodillereger. Det var i 2008, otte år efter fundet af en lignende tand i samme formation (se næste side). Tandens er ca. 2 cm lang, er fra en mellemstor rovdinosaur, måske samme art, men det er usikkert. Dyret, der bar den i munden, levede for 140 mio. siden, i Tidlig Jura.



1

SPOR, MINIROVDINOSAUR

Ved stranden syd for Hasle (i Hasle Formationen) blev der i 2015 fundet det hidtil mindste spor fra en dinosaur i Danmark. Det er desuden det faktiske fodaftryk afsat i underlaget og ikke en udfyldning, som mange af de andre sporfund er.

Sporet er på størrelse med en tokrone og har tre tydelige tæer med kløer. Derfor må det stamme fra en meget lille rovdinosaur, der har været på størrelse med en krage.

Sporet er afsat for omkring 190 mio. år siden i Tidlig Jura.

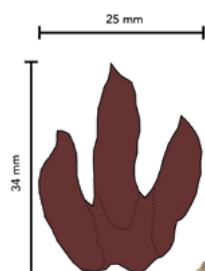


Foto: Steen Lennart Jakobsen, SNM

MINDSTE SPOR

2

LÅRBENSKNOGLE, MINISAUROPOD

Den første og hidtil eneste rigtige knogle fra en dinosaur blev fundet i en skrænt syd for Hasle (i Hasle Formationen) i 2018.

Det er et lille stykke af en lårbensknogle, ca. 2 cm langt, fra en meget lille saurpodype, der kun har været på størrelse med en labrador. Den er en slags forfader til de store, mere kendte sauropoder og levede for ca. 190 mio. år siden, i Tidlig Jura.

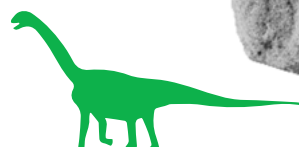
DANEKRÆ



FØRSTE KNOGLE

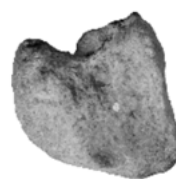
10 mm

7



Foto/illustration: Jesper Milán, Geomuseum Faxe

10 cm



10 cm

6

**HALVE FODSPOR X 2**

To halvdele af naturligt afstøbte fodspor blev fundet i sandstensblokke på stranden ved Pyritsøen i 2010. Begge fra Bagå Formationen (Mellem Jura). Det ene er den forreste del af fodsporet fra en sauropod og er 17 cm langt med tydelige tæer. Det stammer enten fra et ungt dyr eller en relativt lille type sauropod, men arten kan ikke bestemmes nærmere.

Det andet fund var venstre del af et spor fra en pansret dinosaur, der som en af de få pansrede dinosaurer havde tre tæer. Sporet er 21 cm langt og stammer fra forbenet.

DATERING AF FOSSILER ER NØGLEN TIL JORDENS DAGBOG

HAVDYR SOM LEDEFOSILER

Fossile havdyr dominerer inden for biostratigrafisk datering, da langt de fleste geologiske aflejringer stammer fra havet, og da svømmende eller planktoniske havdyr ofte har meget store udbredelsesområder.

Selvom vi er mange, der nok hellere vil finde et dinosaurfossil end en forstenet musling, er det ikke desto mindre den sidste fosstipe, der er mest anvendelig, når det handler om at afkode historien om Jordens udvikling.

Når du læser om dinosaurerne og andre dyr, der levede i fortiden, så står der altid noget a la: "Denne art levede for cirka 120 millioner år siden." Der står dog sjældent, hvordan man egentlig ved det. For når palæontologer, geologer eller andre er så heldige at finde en knogle eller tand fra en dinosaur i naturen, hænger der jo ikke et skilt fast med navn og alder.

Derimod ligger der ofte en længere proces bag dateringen, og typisk er det faktisk slet ikke selve fossilet, man finder alderen på, men derimod det geologiske lag, det lå i. Når det gælder rester af organismer ældre end cirka 60.000 år, er det nemlig ikke muligt at måle alderen direkte, som man for eksempel kan med mammutter og andre yngre fortidsfund ved hjælp af Kulstof 14-metoden. (Se boks 4.) Da fossilerne fra dinosaurer er mange millioner år gamle, virker metoden simpelthen ikke på dem, og man må gå anderledes til værks og finde alderen indirekte.

"Hvis du er rigtig heldig, har en anden geolog allerede været på stedet og

undersøgt og dateret laget, så du kan finde dets alder i faglitteraturen," fortæller seniorforsker i stratigrafi Sofie Lindström fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), som selv arbejder med datering af især Trias- og Juralag. Det er de lag, der blev aflejret i første del af dinosaurernes levetid for 252-145 millioner år siden.

"Hvis det ikke er tilfældet, kan du være næsten lige så heldig, at der er områder med vulkansk aske, magma eller lava tæt på det lag, hvor du har fundet fossilet. Vulkansk aske kan nemlig indeholde mineraler med radioaktive isotoper. Dem kan man måle en ret præcis alder på, og den alder kan så overføres til fossilet."

Alt efter hvor i aflejringen fossilet lå i forhold til vulkanlaget, kan man regne ud, om fossilet er lidt ældre eller lidt yngre end alderen på det vulkanske materiale. Lå fossilet ovenover, må det være lidt yngre, lå det nedenunder, må det være lidt ældre. Det er nemlig så dejligt simpelt i geologien, at bjergarter aflejres

oven på hinanden i lag opefter med de ældste nederst og de yngste øverst. (Læs mere i boks 5.)

Dagbog skrevet med fossiler

Vulkanske lag er desværre ikke helt almindelige, da de kræver, at der var en vulkan i nærheden, så det er langt fra altid, at man kan hænge sin hat på den metode. Faktisk blev metoden med vulkanlagene først rigtigt taget i brug i 1950'erne, da man havde udviklet instrumenter, der kunne måle det radioaktive henfald.

Rygraden i dateringsarbejdet, som har fundet sted i over 200 år, er derfor væsentligt mere analog. Den går ganske simpelt ud på at datere fossiler og de lag, de ligger i, ved hjælp af andre fossiler og andre lag. Det er et princip, der kaldes biostratigrafi, og som udnytter evolutionens evige videreudvikling af Jordens arter. En specifik art eksisterer nemlig kun i et givet tidsrum, før den enten udvikler sig videre til nye arter eller uddør. Ligegyldigt hvor på Jorden man

finder et fossil af den art, vil den derfor stamme fra den samme tidsperiode. Det samme gælder for arterne, der kommer før og efter den. Ved at sammenligne indholdet af arter i de geologiske lag kan man derfor få en relativ alder på laget baseret på de tidsbegrænsede arter, idet arterne under må være ældre, og arterne over må være yngre. Ligesom det er tilfældet med de vulkanske askelag. Biostratigrafien er altså jagten på en slags fossilt fingeraftryk for enkelte perioder i tiden, der kan identificeres på tværs af store afstande og forskellige landskaber.

Fra den ene til den anden

Hvis du for eksempel står med et sedimentlag på Stevns, der indeholder de fossile arter a, b og c, så vil et lag i England eller Brasilien med samme fordeling af fossiler efter al sandsynlighed stamme fra den samme tidsperiode.

“Der vil altid være noget, som ser mærkeligt ud, eller som jeg ikke har set før”

Kombineret med den nyere teknologi med præcis datering ved hjælp af vulkansk aske eller lava kan man sætte endnu mere præcise aldre på, end man kunne for 300 år siden. Men ideen er stadig den samme: Hvis der viser sig at være vulkansk aske i det geologiske lag fra enten England eller Brasilien, som kan dateres, kan du regne med, at den alder også gælder for dit lag på Stevns.

Ledefossiler

De arter, der er specifikke for særlige tidsperioder, og som kan bruges til at definere tidsperioder, kaldes ledefossiler. De er nøglen til at læse den globale dagbog, fortæller Sofie Lindström. Det kræver dog en række egenskaber som fossil at blive forfremmet til ledefossil:

1. De er talrige, så de er nemme at finde.
2. De har stor geografisk udbredelse, så man kan finde dem mange steder.
3. De udviklede sig hurtigt til nye arter, så hver art har en kort tidshorisont, der gør dateringen mere præcis.

Derfor foretrækker dateringseksperterne også de mindste fossiler, såkaldte mikro-fossiler, som alger, plankton og pollen, fordi de typisk er langt mere talrige i de geologiske lag, man vil undersøge. De er desuden ofte udbredte over store afstande, fordi de kunne spredes med vand og vind. Lidt større dyr som muslinger, leddyr og andet kan også fungere, hvis de er udbredte og mange nok.

Store dyr som for eksempel dinosaurer er ubrugelige, da de er enormt

sjældne at støde på i jordlagene og derfor ikke duer til sammenligning fra det ene sted til det andet. Så selvom forskerne ganske vist bliver henrykte over at finde dinosaurfossiler, så er de ikke til nogen videre hjælp i selve dateringsarbejdet.

“Et rigtig godt ledefossil er for eksempel den uddøde gruppe af pansrede blæksprutter, ammonitter,” siger Sofie Lindström.

“De eksisterer som gruppe over en lang periode på mange millioner år fra Devon til Kridt, men udvikler sig i den tid til et væld af forskellige arter, som er nemme at identificere og finde.”



MØD EKSPERTEN

Navn: Sofie Lindström

Stilling/arbejdsplads:

Seniorforsker i stratigrafi, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Uddannelse: Ph.d. i historisk geologi og palæontologi ved Lunds Universitet i Sverige.

Arbejder med:

Fossile sporer, pollen og mikro-alger fra Karbon til Miocæn. Jeg bruger disse til at datere lag, tolke om lagene er dannet i hav eller på land, og hvordan klimaet var, da de var levende. Jeg er særlig interesseret i store og pludselige klimaændringer dannet af storskala-vulkanisme, der ledte til masseuddøender.

Færdiggør sætningen: “Forskning i fortiden er vigtig, fordi ...”

... det kan lære os om forgangne tiders dyr og planter, og hvordan de reagerede på store klimaskift eller miljøændringer. Det kan gøre os bedre til at forstå den verden, vi lever i nu, samt de udfordringer, vi står med på grund af industrialismen og den globale opvarmning.

BOKS 4 – FOR GAMMELT TIL KULSTOF 14

Relativt nye fortidsfund som f.eks. denne sabelkat kan man aldersbestemme direkte og ganske præcist via Kulstof 14-metoden (^{14}C -metoden). Det er en metode, der beror på at analysere henfaldet i det radioaktive kulstofisotop ^{14}C .

Ved at måle, hvor meget af det oprindelige isotop der er henfaldet, kan man regne sig frem til, hvornår dyret eller planten døde. Det er nemlig kun, imens man lever, at man optager kulstof, som så ved døden begynder at henfalde. Man kan dog højst måle ca. 60.000 år tilbage i tiden, fordi der efter så mange år er for lidt ^{14}C tilbage til at lave en ordentlig måling.



Foto: Bone Clones, Wikipedia Commons



BOKS 5 – GEOLOGIENS DANSKE FAR

Faktisk har vi den danske naturhistoriker Niels Steensen (1638–1686), bedre kendt som Nicolaus Steno eller Stenonius, at takke for dateringen. Og faktisk for en stor del af geologien som helhed. Han opdagede i 1660'erne, at de forskellige sten- og jordlag faktisk var indblik i fortidige verdener, der var blevet aflejret oven på hinanden, efterhånden som tiden gik. På den måde kunne Jordens og livets historie læses som en bog, hvor de øverste lag var yngst og blev ældre og ældre nedefter. I 1669 sammenfattede han sine opdagelser til tre grundprincipper, der stadig er grundstenene i læren om geologiske lag og lagdelinger, kaldet stratigrafi:

1 Oprindelig horisontalitet

Geologiske lag fra hav, søer og floder aflejres (hovedsageligt) horisontalt.

2 Oprindelig kontinuitet (nu korrelation)

Geologiske lag med ens udseende og fossilindhold på to forskellige lokaliteter må oprindeligt have være forbundet som ét lag. Floder eller anden erosion har fjernet den del af laget, der oprindeligt forbandt laget på de to lokaliteter.

3 Superposition

Geologiske lag aflejres oven på ældre geologiske lag.

12. "Før da er især trilobitter og graptolitter gode ledefossiler for Kambrium- og Ordoviciumlagen." (Se Figur 7.)

Overhalet indenom

Sofie Lindström forklarer, at arterne i perioder kan blive overhalet af andre arter, der pludselig udvikler sig hurtigere og derfor bliver mere egnede som ledefossiler for den periode. Det oprindelige ledefossil kan altså stadig være til stede, men er for en periode ikke den allerbedste tidsmålestok. Man vil dog stadig registrere dem, da mængde og udbredelse af dem kan være med til at gøre dateringen mere sikker.

13. "Faktisk er den allerbedste datering den, hvor du bruger så mange metoder som muligt og ser på så mange fossiler som muligt, både store og små fra mange forskellige grupper," tilføjer hun.

Når der mangler et fossil

Derfor er det da også svært for Sofie Lindström at sige, hvor lang tid det typisk tager hende at datere en type sediment.

20. "Det kommer helt an på, hvad det er. Nogle gange er det tilstrækkeligt bare at se på laget med det blotte øje, hvis sammensætningen af sedimentet og eventuelle synlige fossiler er typisk for en tid, jeg allerede kender godt."

Indimellem er der måske ledefossiler, som mangler i prøverne, og så er hun nødt til at søge meget materiale igenem under mikroskopet for flere forskellige arter, før hun – måske – finder dem.

"Desværre er det jo sådan, at du i et sediment ikke altid finder alle de fossiler, som faktisk var der til at starte med. Der kan jo være sket mange ting med aflejringen gennem de millioner af år, der typisk er gået, fra de blev afsat. Så

nogle gange kan det godt være lidt af et detektivarbejde at finde de arter, der kan fastsætte alderen," siger hun.

Hjælp fra gamle blyantstegninger

Heldigvis er der dog som oftest andre, der allerede har gjort en stor del af arbejdet for en, så man ikke er helt på Herrens mark, fortæller hun.

"Der er næsten altid nogen, der har fundet og dateret et lignende lag før dig, så det kan du jo finde i litteraturen, og se om det passer med det, du trods alt har fundet i dit lag. Hvis det gør, så har du en

—
"Det er ret cool, at man stadig kan bruge de smukke, gamle blyantstegninger af trilobitter osv. i sin forskning i dag"

ret god idé om, at så er alderen nok omtrent den samme, som de andre forskere har fundet frem til."

Datering kræver derfor enormt meget samarbejde globalt mellem geologer, palæontologer og andre, der arbejder med undergrunden. Og siden avancerede mikroskoper og detaljerede fotografier ikke går ret langt tilbage i tiden, så må forskerne somme tider bruge gamle optegnelser fra 1800-tallet til sammenligning, forklarer seniorforskeren:

"Det er ret cool, at man stadig kan bruge de smukke, gamle blyantstegninger af trilobitter osv. i sin forskning i dag."

Altid noget, der ikke før er set

Biostratigrafien er et felt i stadig udvikling, og selvom forskerne efterhånden har ret godt styr på de forskellige geologiske lag og samhørende tids-

10. perioders afgrænsninger, så bliver der hele tiden finindstillet. Sommetider dukker der et nyt ledefossil op et sted, der sætter alderen på en periode et par hundrede tusind år frem eller tilbage.

"Vi har efterhånden identificeret rigtig mange både mikro- og makrofossiler, men der vil altid være nogle, vi ikke kender endnu," forklarer seniorforskeren.

"I én enkelt prøve under mikroskopet er der ofte tusindvis af pollen, sporer og mikroalger. Der vil altid være noget, som ser mærkeligt ud, eller som jeg ikke har set før, så jeg ikke er sikker på, hvad det er. Hver gang."

Gode mismatches

De ukendte fossiler i prøverne kan skyldes mange ting, forklarer seniorforskeren. Det kan være, at fossiler fra en anden tidsperiode er blevet eroderet frem og siden begravet igen og

dermed er blevet blandet sammen med fossiler fra et yngre lag. Eller også er de muterede, misformede udgaver af de rigtige fossiler.

"Der kan gå meget galt. Naturen kan være rodet," konstaterer Sofie Lindström.

Alle disse 'mismatches' noteres og gemmes selvfølgelig, for det kan jo vise sig, at andre forskere også finder dem i samme lag.

"Hvis det sker, søger man efter flere og flere, og så kan de måske til sidst anvendes som nye ledefossiler. På den måde er det jo bare spændende, når man finder noget, der ikke lige passer med det, man kender." •

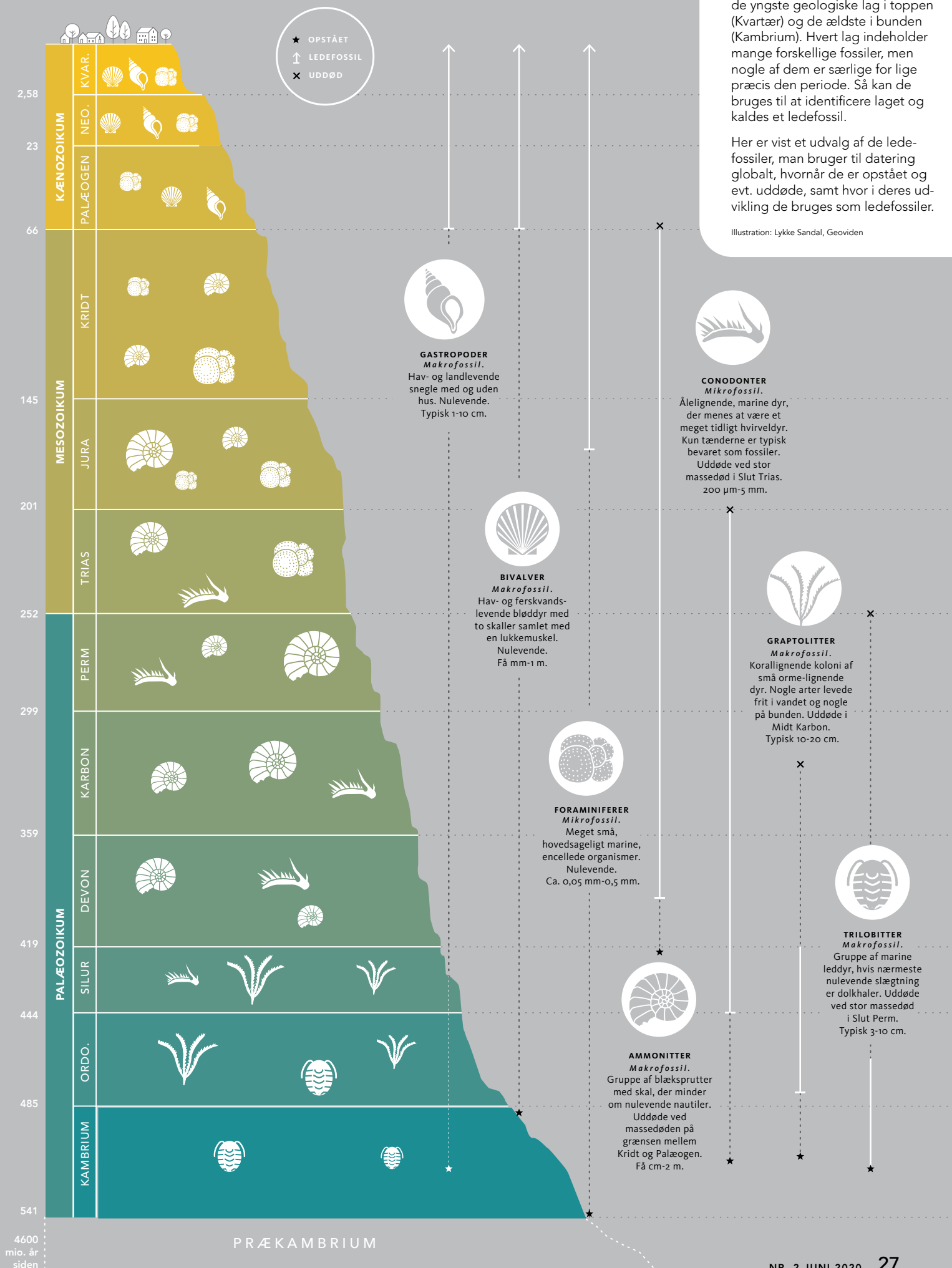
FIGUR 7

LEDEFOSSILER I TID OG RUM

Her ses en vilkårlig skrænt med de yngste geologiske lag i toppen (Kvartær) og de ældste i bunden (Kambrium). Hvert lag indeholder mange forskellige fossiler, men nogle af dem er særlige for lige præcis den periode. Så kan de bruges til at identificere laget og kaldes et ledefossil.

Her er vist et udvalg af de ledefossiler, man bruger til datering globalt, hvornår de er opstået og evt. uddøde, samt hvor i deres udvikling de bruges som ledefossiler.

Illustration: Lykke Sandal, Geoviden





Et tyndt lag ler med en stor historie

I Stevns Klint kan man via **et tyndt lag ler** komme tilbage i tiden til lige præcis den dag for 66 millioner år siden, da dinosaurernes fremtid brød i brand.

Alle har nok hørt om asteroiden, der hamrede ned i Jorden for små 66 millioner år siden og udryddede dinosaurerne sammen med tre fjerdedele af alle levende væsner. Det er dog ikke nødvendigvis alle, der ved, at den kataklysmiske begivenhed ligger til frit skue i Stevns Klint på Sjælland. Et cirka fem centimeter tykt lerlag adskiller de tykke lag af kridt og kalk, som klinten består af. Laget er et af de mest berømte lag ler på kloden, da det er herfra, teorien om årsagen til dinosaurernes undergang udsprang. Lerlaget har det lidt besynderlige navn Fiskeleret, da det er navngivet, længe før der var nogen snak om dinosaurer eller meteoritter, og det indeholder spredte fiskeskæl, -tænder

og -knogler. Lignende lerlag findes over hele Jorden, men mange steder ligger det dybt begravet, er svært tilgængeligt eller nedbrudt. Ved Stevns Klint er lige præcis den sekvens af undergrunden blevet løftet op, så det ligger frit tilgængeligt.

Afslørende meteorstøv

Det specielle ved Fiskeleret er, at det er aflejret for lige præcis 66 millioner år siden, altså nøjagtig samtidig med den masseudryddelse, hvor dinosaurerne sammen med størstedelen af alle andre arter uddøde. I 1978 var to amerikanske forskere, Luis og Walter Alvarez, som desuden var far og søn, taget til Stevns

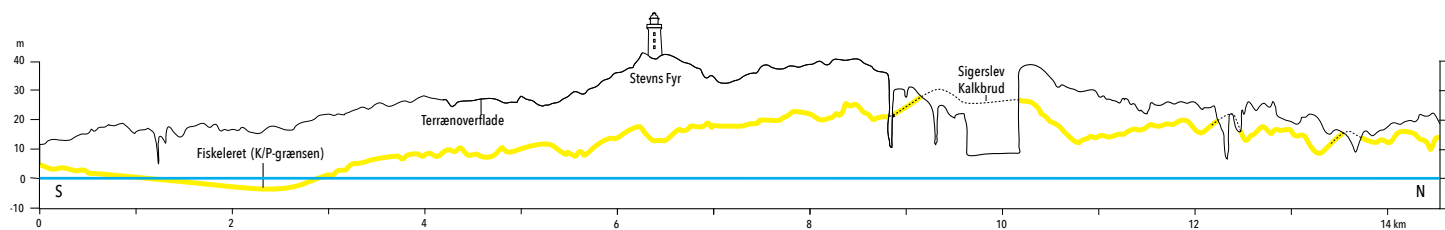


Foto: Jakob Laurrup



Foto: Jakob Laurrup

PROFIL AF STEVNS KLINT

Forløbet af Fiskeleret ses med gult, og linjen markerer overgangen fra Kridt til Palæogen, derfor også kaldet K/P-grænsen. Laget med Fiskeleret er næsten intakt hele vejen, bortset fra enkelte steder, hvor lagene er gravet op, f.eks. ved Sigerslev Kalkbrud. Nogle steder ligger laget desuden under havniveau.

Skitsen her viser en ca. 14 km lang strækning, og for at få det hele med ser terrænet 40 gange højere ud, end det er i virkeligheden.

FISKELERET markerer slutningen på Kridttiden og begyndelsen på Palæogen. Ser man nærmere efter, er Fiskeleret inddelt i tre forskellige lag:

- ① Det nederste lag refereres til som 'The Impact Layer', der starter med materiale afsat ved asteroidens nedslag. Den rødlige farve skyldes højt indhold af jern, og det er også her, at iridiumindholdet er meget højt. Laget indeholder desuden små kugler af materiale, der er smeltet ved nedslaget, slynget højt op i atmosfæren, størknet igen for derefter at regne ned over hele Jorden.
- ② Laget ovenover er sort ler, der har en stor koncentration af organisk materiale fra de døde organismer.
- ③ Herover bliver leret blandet med tiltagende mængder kalk, der gør laget mere gråt og til sidst hvidt, da kalkdannelsen i havene igen var tilbage på fuld styrke og dannede al kalken i de øvre lag af klinten.

Klint for at undersøge Fiskeleret. Deres prøver viste, at Fiskeleret indeholdt usædvanligt store mængder af grundstoffet iridium, som er sjældent på Jorden. Resultatet gik igen i prøver fra flere forskellige lokaliteter, de havde undersøgt. Da større mængder iridium er almindeligt i klipper og sten i rummet, kom de til den konklusion, at en stor asteroide måtte have kollideret med planeten dengang for 66 millioner år siden. De store iridiummængder i dette tynde lag måtte være blevet spredt ud over kloden ved sammenstødet.

Det begravede krater

Nedslaget måtte i sagens natur have skabt et gigantisk krater, men man kendte ingen kraterer så store, og blandt andet derfor blev teorien dengang modtaget med stor skepsis. Nysgerrige geologer gik dog i gang med at lede efter et passende stort, hidtil ukendt krater, og i 1991 fandt de det: en ringformet, begravet struktur på Mexicos Yuacatan-halvø på 180 kilometer i diameter og 20 kilometer i dybden. Ud fra blandt andet kraterets størrelse kunne de regne ud, at asteroiden har været cirka ti kilometer i diameter, hvilket svarer til Storkøbenhavn. Krateret er siden blevet dækket af nye aflejringer, men med satellitmålinger kan man tydeligt se det. Samtidig kan man estimere, at nedslaget har haft en kraft svarende til over syv milliarder Hiroshima-atombomber. Alt materialet fra det 200 kilometer store hul blev slynget op i atmosfæren og noget endda halvvejs

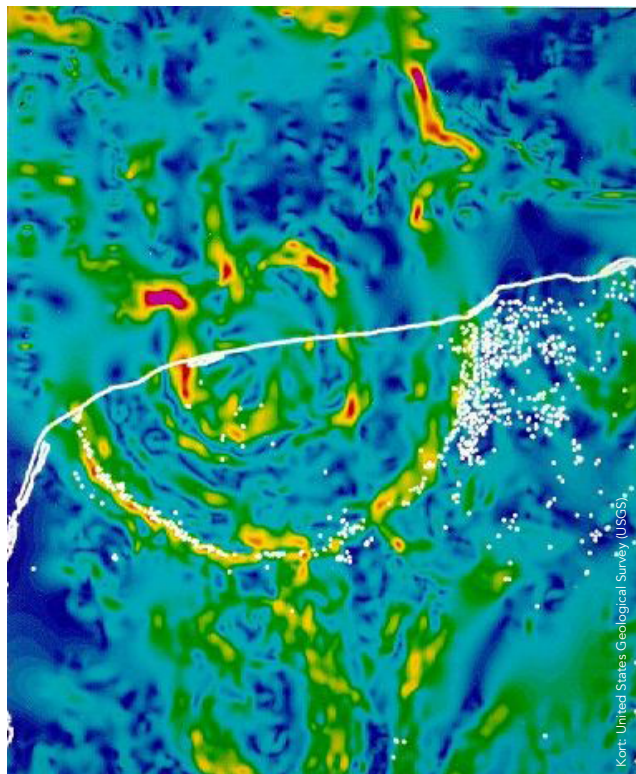
til Månen, før det igen regnede ned over Jorden som en kaskade af sten og støv. Rester heraf kan også findes i Fiskeleret ved Stevns. De enorme mængder støv, der hurtigt blev fordelt ud i hele atmosfæren, blokerede for sollyset i formentlig op til flere år.

Global skygge og syrerregn

Nedslaget skabte desuden en formentlig op til 100 meter høj tsunami, der sammen med chokbølgerne af glødende gas og sten dræbte alt i mange hundrede kilometers omkreds. Efterfølgende blev de overlevende dyr ramt af hungersnød, idet mange planter ikke længere kunne gro i det svage sollys, og fødekæden dermed kollapsede. (Se forklaring th.) På nedslagsstedet fandtes der store mængder af mineralet anhydrit (CaSO_4), som fordampede i kollisionen. Anhydritten reagerede med vanddampen i atmosfæren og skabte en global syrerregn. Det forsurede verdenshavene i en sådan grad, at de kalkdannende alger, der er ansvarlige for kridtet og kalken i netop Stevns Klint og alle andre steder på Jorden, nærmest forsvandt. Derfor blev der i en lang periode kun aflejret ler i havet, og det er netop, hvad laget med Fiskeleret er udtryk for. Det var selvsagt kun de allermest tilpasningsdygtige livsformer, der overlevede katastrofen. De, der gjorde, kunne til gengæld efterfølgende nyde godt af den væsentligt mindre konkurrence om ressourcer, og derfor kunne nye dyregrupper, blandt andet pattedyrene, med tiden overtage landet og havet. •

SATELLITMÅLING AF KRATERET

Krateret fra asteroidenedslaget kaldes Chicxulub efter den by, der nu ligger i midten af det. Der er ikke længere nogen fordybning, men satellitter kan måle forskellen mellem tyngdefelter i jorden, og her står kraterstrukturen tydeligt frem. I første omgang var det dog olieboringer i området, der afslørede, at der lå et begravet krater.



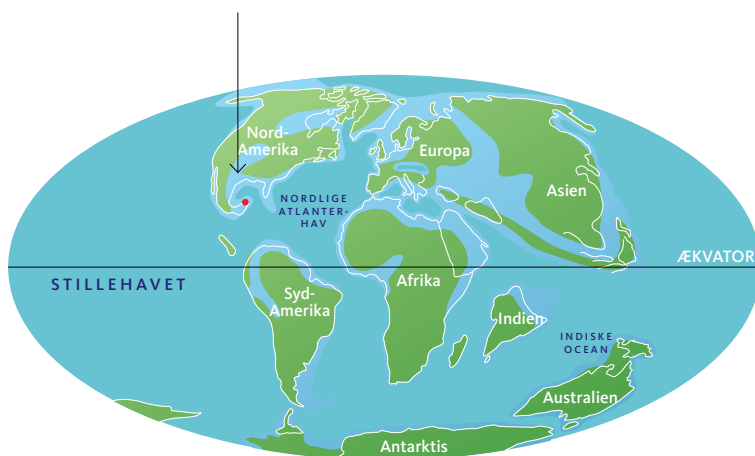
SIDSTE NYT

I maj 2020 viste et nyt studie, at Chicxulub-asteroiden ramte Jorden med den værst tænkelige vinkel, der gjorde mest mulig skade. Vinklen var 60°, og forskernes simulationer viste, at et nedslag i den vinkel på jordoverfladen sendte langt mere materiale op i atmosfæren end f.eks. en lodret (90°) eller spids vinkel (15°). Mængden af CO₂ afgivet til atmosfæren var f.eks. to til tre gange højere, end den ville have været ved et 90°-nedslag. En lidt anden vinkel kunne måske have reddet dinosaurerne, men det gik jo, som det gik ...

Studiet *A steeply-inclined trajectory for the Chicxulub impact* udkom i Nature Communications 26. maj 2020.

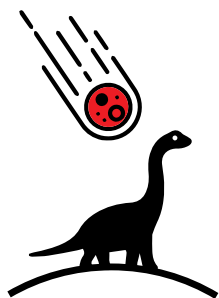
HVOR ASTEROIDEN RAMTE

For 66 mio. år siden var kontinenterne stadig på vej mod deres nutidige placering, og havniveauet var meget højere, end det er i dag. Da asteroiden ramte, faldt den derfor i havet ud for det nuværende Mexico, men med det lavere havniveau i nutiden ligger halvdelen af krateret på land.



Kort: Carsten E. Thuesen

FØDEKÆDENS SAMMENBRUD



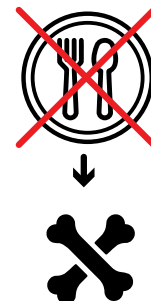
Da asteroiden rammer, brænder alt i mange hundrede kilometers afstand op. Samtidig slynges enorme mængder støv op i atmosfæren, som på grund af Jordens rotation fordeles over hele kloden.



Støvet i atmosfæren blokerer for sollyset i op til flere år, så Jorden indhylles i tussmørke.



Planterne kan ikke gro i det svage lys. Derfor producerer de pludselig næsten intet nyt organisk materiale i hverken havene eller på landjorden.



Da planternes produktion af organisk materiale er basis for fødekæden, bryder denne sammen, og både planteædere og kødædere sulter ihjel.

Illustration: Lykke Sandal, Geoviden

Kilder: Redigeret fra Geoviden 2, 2010, oprindeligt af Arne Thorsøj Nielsen, Statens Naturhistoriske Museum, samt Kalklandet Østsjælland Museum og nautil.us

geo viden

Udgiver: Geocenter Danmark

Ansvarshavende:
Mette Buck Jensen, GEUS

Redaktør og skribent:
Johanne Uhrenholt Kusnitzoff, GEUS

Design:
Lykke Sandal, GEUS

Tryk: Rosendahls A/S

Forside: Illustration af Lykke Sandal, GEUS

Eftertryk: Tilladt med kildeangivelse

Kontakt: geoviden@geus.dk

ISSN: 1604-6935 (papir)

ISSN: 1604-8172 (elektronisk)

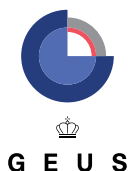
Geoviden udgives af Geocenter Danmark og er målrettet undervisningen i gymnasierne. Bladet udkommer fire gange om året. Abonnement er gratis og tegnes på geoviden.dk. Her kan man også læse bladet og finde ekstramateriale såsom video.

GEOCENTER DANMARK

Geocenter Danmark, der udgiver Geoviden, er et samarbejde mellem De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geoviden-skab og Naturforvaltning og Statens Naturhistoriske Museum, begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geoviden-skabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.



**De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland (GEUS)**
Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk



**Institut for Geovidenkab og
Naturforvaltning (IGN)**
Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 25 00
E-mail: ign@ign.ku.dk



Statens Naturhistoriske Museum (SNM)
Øster Voldgade 5-7
1350 København K
Tlf: 35 32 23 45
E-mail: snm@snm.ku.dk

Institut for Geoscience (IG)
Aarhus Universitet
Høegh-Guldbergs Gade 2, B.1670
8000 Aarhus C
Tlf: 89 42 94 00
E-mail: geologi@au.dk



Foto: Mikkel Jørgensen, Destination Fyn

NÆSTE NUMMER

I efterårsnummeret af Geoviden kan du komme med på tur til Geopark Det Sydfynske Øhav og bl.a. læse om, hvordan istiderne har formet det smukke landskab over og under havet.