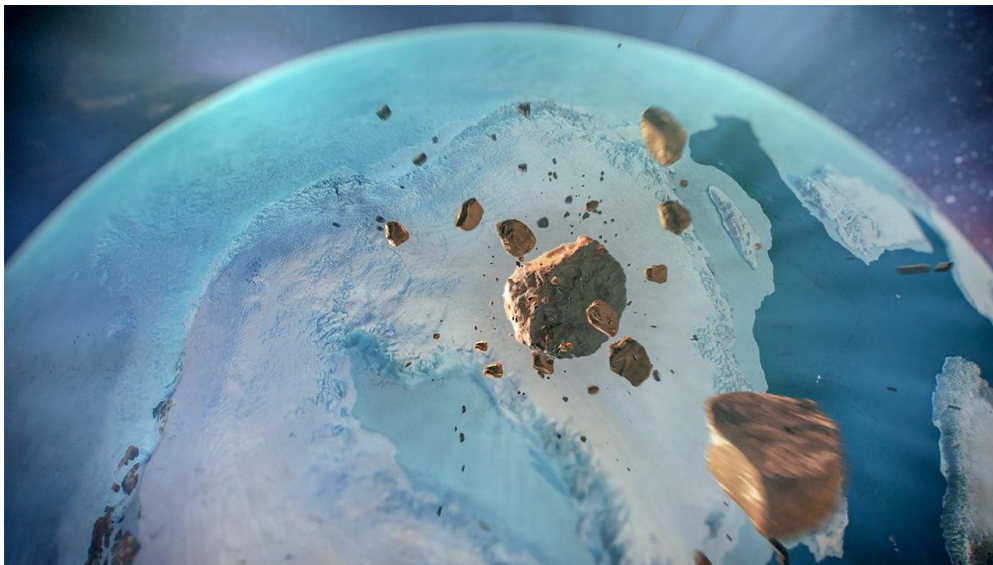


Massivt krater under Grønlands is peger på klimaforandrende påvirkning i menneskers tid



Af [Paul Voosen](#) 14. november 2018, 14:00 – [Google oversættelse af originalartiklen her!](#)

På en lys juledag for 2 år siden var Kurt Kjær i en helikopter, der fløj over det nordvestlige Grønland - en isflade, ren hvid og mousserende. Snart kom hans mål til syne: Hiawatha-gletsjeren, et langsomt isark mere end en kilometer tykt. Det bevæger sig mod det arktiske hav ikke i en lige mur, men i en iøjnefaldende halvcirkel, som om den spilder ud af et bassin. Kjær, en geolog ved Danmarks Naturhistoriske Museum i København, havde mistanke om, at gletsjeren skjulte en eksplosiv hemmelighed. Helikopteren landede nær den bølgende flod, der dræner gletsjeren og skyller sten ud under den. Kjær havde 18 timer til at finde de mineralkrystaller, der ville bekræfte hans mistanke.

Det han bragte hjem, afslørede sagen som en storslået opdagelse. **Skjult under Hiawatha ligger et 31 kilometer bredt slagkrater, stort nok til at sluge Washington, DC**, som Kjær, og 21 medforfattere i dag rapporterer i en artikel i ***Science Advances***. Krateret er resultatet af en jernasteroide 1,5 kilometer på tværs slog ned i jorden, muligvis indenfor de sidste 100.000 år.

Skønt det ikke er så **katastrofalt som den dinosaurdræbende Chicxulub-indvirkning**, som huggede et 200 kilometer bredt krater ud i Mexico for omkring 66 millioner år siden, kan også Hiawatha-krateret have efterladt et aftryk på planetens historie. Tilingen er stadig op til debat, men nogle forskere i opdagelsesteamet mener, at asteroiden ramte i et afgørende øjeblik: for **cirka 13.000 år siden**, ligesom da verden tøede op fra den sidste istid. Det ville betyde, at det styrtede ned på Jorden, da mammutter og andre megafaunadyr var i tilbagegang, og menneskene spredte sig over Nordamerika.

Virkningen ville have været et skuespil for alle inden for 500 kilometer. En hvid ildkugle fire gange større og tre gange lysere end solen ville have tegnet en stribe over himlen. Hvis genstanden ramte indlandsisen, ville den have trængt igennem til grundfjeldet, fordampet både vand og sten. Den resulterende eksplosion pakkede energien fra 700 1-megatons atombomber, og selv en observatør hundreder af kilometer væk ville have oplevet en enorm chokbølge, et uhyrligt tordenskrald og orkanvindstyrker. Senere kunne stenaffald have regnet ned over Nordamerika og Europa, og den frigivne damp af drivhusgas, kunne have opvarmet Grønland lokalt og smeltet endnu mere is.

Nyheden om opdagelsen af virkningen har vækket en gammel debat blandt forskere, der studerer det gamle klima. En massiv påvirkning af indlandsisen ville have sendt smeltevand, der strømmer ud i Atlanterhavet - potentielt forstyrret golfstrømmen og fået temperaturen til at stige hurtigt, især på den nordlige halvkugle. "Hvad ville det betyde for arter eller liv på det tidspunkt? Det er et stort åbent spørgsmål," siger Jennifer Marlon, en paleoklimatolog ved Yale University.

For et årti siden **foreslog en lille gruppe forskere et lignende scenarie**. De forsøgte at forklare en afkølede begivenhed, mere end 1000 år lang, kaldet **The Yngre Dryas**, som begyndte for 12.800 år siden, da den sidste istid sluttede. Deres kontroversielle løsning var at påberåbe sig en udenjordisk agent: virkningen af **en eller flere** kometer. Forskerne foreslog, at udover at ændre golfstrømmen i det

nordlige Atlanterhav, antændte påvirkningen også brande på tværs af to kontinenter, der førte til udryddelse af store pattedyr og forsvinden af det mammutjagtende Clovis-folk i Nordamerika. Forskningsgruppen samlede suggestive, men ufattelige beviser, og få andre forskere var overbeviste. Men idéen fangede offentlighedens fantasi på trods af en åbenbar begrænsning: **Ingen kunne finde et nedslagskrater.**

Tilhængere af **The Younger Dryas**-indvirkning føles nu retfærdiggjort. "Jeg vil utvetydigt forudsige, at dette krater er i samme alder som The Younger Dryas," siger James Kennett, en havgeolog ved University of California, Santa Barbara, en af idéens originale fremførere.

Men Jay Melosh, en kraterekspert ved Purdue University i West Lafayette, Indiana, tvivler på, at nedslaget er sket for nylig. Statistisk set falder en komet af Hiawatha's størrelse kun hvert par millioner år, siger han, og chancen for en for kun 13.000 år siden er lille. Uanset hvem der har ret, vil opdagelsen give ammunition til The Younger Dryas nedslags teoretikere - og vil gøre Hiawatha-slaglegemet til en anden type projektil. "Dette er en varm kartoffel," fortæller Melosh til *Science*. "Er du klar over, at du vil starte en ildstorm?"

Det startede med et hul.

I 2015 studerede Kjær og en kollega et nyt kort over de skjulte konturer under Grønlands is. **Baseret på variationer i isens dybde og overflademstrømningsmønstre** tilbød kortet et groft forslag til grundstopografien - inklusive antydning af et hul under Hiawatha.

Kjær huskede en massiv jernmeteorit i museets gård, hvor han parkerer sin cykel. Kaldet *Agpalilik*, inuit for "Manden", er den 20-tons klippe et fragment af en endnu større meteorit, Cape York, fundet i stykker på det nordvestlige Grønland af vestlige opdagelsesrejsende, men længe brugt af inuitere som en kilde til jern til harpunspidser og værktøjer. Kjær spekulerede på, om meteoritten måske var en rest af et nedslag, der gravede det cirkulære træk under Hiawatha. Men han var stadig ikke sikker på, at det var et nedslag fra en meteor. Han havde brug for at se det tydeligere med radar, der kan trænge igennem is og reflektere fra grundfjeldet.

Kjær's team begyndte at arbejde med Joseph MacGregor, en glaciolog ved NASAs Goddard Space Flight Center i Greenbelt, Maryland, der opbevarede arkivradar data. MacGregor fandt ud af, at NASA-fly ofte fløj over stedet på vej til at undersøge den arktiske havis, og instrumenterne blev undertiden tændt i testtilstand på vej ud. "Det var ret strålende," siger MacGregor.

Radarbillederne viste tydeligere, hvad der lignede kanten af et krater, men de var stadig for uklare i midten. Mange træk på Jordens overflade, såsom vulkanske calderaer, kan skjule sig som cirkler. Men kun meteor/komet nedslagskrater indeholder centrale toppe og topringe, som dannes i midten af et nyfødt krater, når - som stenk af en sten i en dam - smeltet bjergmasse vender tilbage lige efter at være ramt. For at se efter disse funktioner havde forskerne brug for en dedikeret radarmission.

Tilfældigvis havde Alfred Wegener Institut for Polar- og Havforskning i Bremerhaven, Tyskland netop købt en **næste generation af isgennemtrængende radar** til at montere på tværs af vingerne og kroppen af deres Basler-fly, en eftermonteret DC-3 med dobbelt propel, der er en arbejdshest af arktisk videnskab. Men de havde også brug for finansiering og en base tæt på Hiawatha.

Kjær tog sig af pengene. Traditionelle finansieringsbureauer ville være for langsomme eller tilbøjelige til at lække deres idé, tænkte han. Så han andrager Københavns Carlsberg Foundation, som bruger overskud fra sit globale ølsalg til at finansiere videnskab. MacGregor på sin side tilskyndede NASA-kolleger til at overtale det amerikanske militær til at lade dem arbejde ud af Thule Air Base, en forpost i den kolde krig i det nordlige Grønland, hvor tyske medlemmer af holdet havde forsøgt at få tilladelse til at arbejde i 20 år. "Jeg havde pensioneret, meget seriøse tyske forskere, der sendte mig lykkelige ansigts emoji," siger MacGregor.



NASA og tyske fly brugte radar til at se konturerne af et slagkrater under isen på Hiawatha-gletsjeren. JOHN SONNTAG / NASA

Tre flyvninger, i maj 2016, tilføjede 1600 kilometer med nye data fra snesevis af transit på tværs af isen - og bevis for, at Kjær, MacGregor og deres team var på noget. Radaren afslørede fem fremtrædende ujævnheder i kraterets centrum, hvilket indikerer en central top, der stiger omkring 50 meter høj. Og i et tegn på en nylig påvirkning er kraterbunden usædvanligt tagget. Hvis asteroiden havde ramt tidligere end 100.000 år siden, da området var isfrit, ville erosion fra smeltende is længere inde i landet have gennemsyret krateret glat, siger MacGregor. Radarsignalerne viste også, at de dybe islag blev blandet sammen - et andet tegn på en nylig påvirkning. De underligt forstyrrede mønstre, siger MacGregor, tyder på, at "indlandsisen ikke er balanceret med tilstedeværelsen af dette slagkrater."

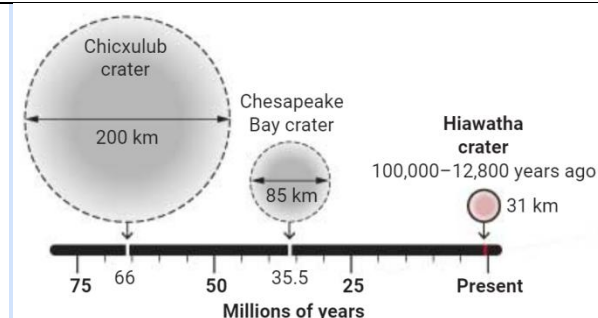
Men holdet ønskede direkte bevis for at overvinde den skepsis, de vidste, ville hilse på et krav om et massivt ungt krater, et der syntes at trods oddsene for, hvor ofte store påvirkninger sker. Og det er derfor, Kjær befandt sig på den lyse juledag i 2016, restløs prøveudtagning af klipper langs halvmåne af terræn, der omkranser Hiawathas ansigt. Hans mest afgørende stop var midt i halvcirklen nær floden, hvor han samlede sediment, der så ud til at være kommet fra gletsjerens indre. Det var hektisk, siger han - "en af de dage, hvor du bare kontrollerer dine prøver, falder på sengen og ikke rejser dig i nogen tid."

I det udvask lukkede Kjærs hold sin sag. Adam Garde, en geolog ved Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse i København, sigtede gennem sandet og fandt glaskorn smedet ved temperaturer højere end et vulkanudbrud kan generere. Mere vigtigt, han opdagede chokerede krystaller af kvarts. Krystallerne indeholdt et særpræget båndmønster, der kun kan dannes i det intense pres af udenjordiske påvirkninger eller atomvåben. **Kvartset afgør sagen**, siger Melosh. "Det ser ret godt ud. Alle beviser er ret overbevisende."

Nu skal holdet finde ud af nøjagtigt, hvornår kollisionen opstod, og hvordan den påvirkede planeten.

Under en islap på det nordvestlige Grønland har luftbåren radar og prøveudtagning på jorden afdækket et kæmpe og bemærkelsesværdigt frisk stødkrater.

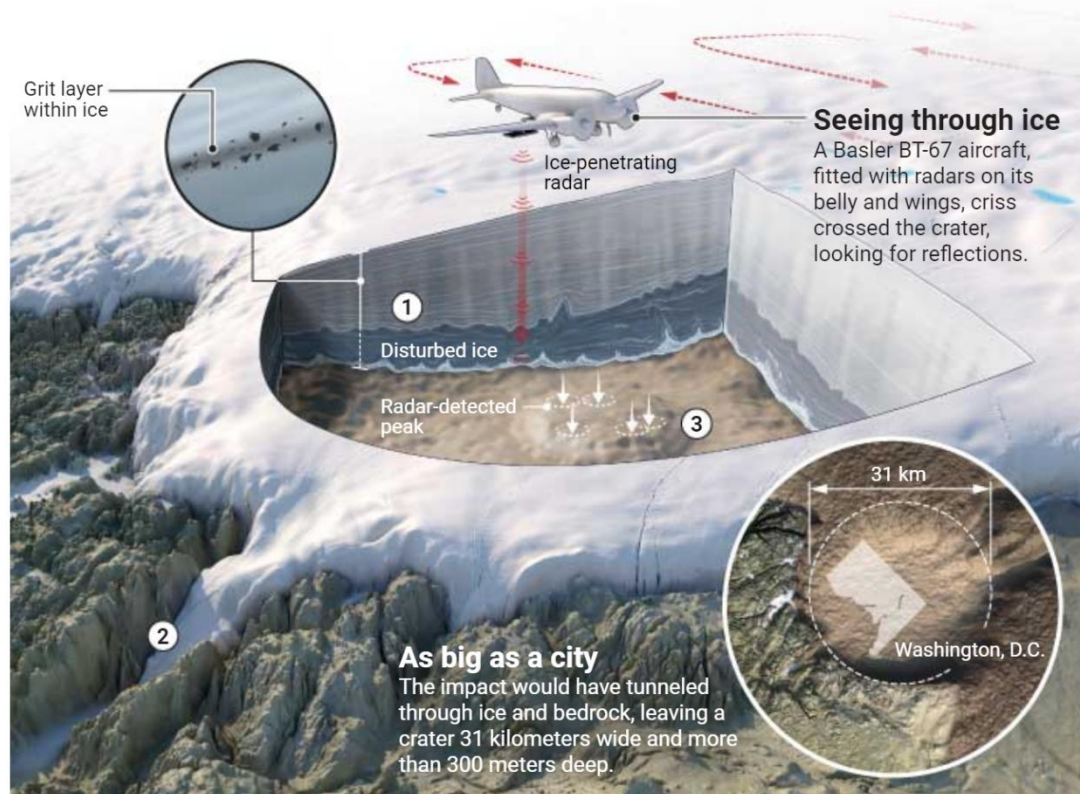
Skønt det ikke er så stort som det dinosaurdræbende Chicxulub-crateret, kan Hiawatha-krateret være dannet så sent som slutningen af den sidste istid, da mennesker spredte sig over Nordamerika. Smeltevand fra påvirkningen kunne have udløst den tusindårige nedkøling på den nordlige halvkugle ved at forstyrre strømme i Atlanterhavet.



Hvor er stødresterne?

Ingen af de borede grønlandske iskerner (røde prikker) indeholder meteoritisk affald. Men den ene, GISP2, viser en stigning i platin for omkring 12.900 år siden.

<p>1 En dyb forstyrrelse Radarrefleksioner fra vulkansk grus fanget i isen kan knyttes til daterede iskerner boret andetsteds. Disse refleksioner stopper for 11.700 år siden. Nedenfor forstyrres isen. Kraterets seng er ru, endnu ikke udglattet. Dette peger på et aktivt udhulet ungt krater, der er mindre end 100.000 år gammelt.</p>	<p>2 Fortællingssten Prøver nær glasudgangens udløb indeholdt perler af engangsmeltet glas og chokeret kvarts — krystaller arret af høje temperaturer og tryk.</p>	<p>3 Rebound-effekt Efter et stød bunker smeltet bjerg tilbage i en central top og undertiden kollapser i en topring - en måde at skelne et stødkrater fra en vulkan.</p>
---	---	--



ICEBRIDGE BEDMACHINE GREENLAND / NASA NATIONAL SNOW AND ICE DATA CENTER

The Younger Dryas, opkaldt efter en lille hvid og gul arktisk blomst, der blomstrede under den kolde periode, har længe fascineret forskere. Indtil den nuværende global opvarmning begyndte, regerede den periode som en af de skarpeste nylige temperaturudsving på jorden. Da den sidste istid aftog, for cirka 12.800 år siden, faldt temperaturen i dele af den nordlige halvkugle med så meget som 8 ° C, helt tilbage til istidens aflæsninger. Det blev på den måde i mere end 1000 år og derefter vendte den fremrykkende skov pludselig tilbage til tundra.

Udløseren kunne have været en afbrydelse i transporten af havstrømme, inklusive Golfstrømmen, der bærer varmen nordpå fra troperne. **I en artikel fra 1989 i Nature** af Kennett sammen med Wallace Broecker, klimaforsker ved Columbia Universitys Lamont-Doherty Earth Observatory og andre, hvordan smeltevand fra tilbagetrækning af isen kunne have lukket transporten ned. Når varmt vand fra troperne bevæger sig nordpå på overfladen, køler det ned, mens fordampningen gør det saltere. Begge faktorer øger vandets tæthed, indtil det synker ned i dybhavet og hjælper med at drive transportbåndet. Tilføjelse af en puls af mindre tæt ferskvand kan ramme bremserne. Paleoklima-forskere har stort set tilsluttet sig idéen, selvom der mangler beviser for en sådan oversvømmelse indtil for nylig.

I 2007 foreslog Kennett en ny udløser. Han samarbejdede med forskere ledet af Richard Firestone, en fysiker ved Lawrence Berkeley National Laboratory i Californien, **der foreslog en kometstreak i nøgleøjeblikket**. Eksploderet over indlandsisen, der dækker Nordamerika, ville kometen eller kometerne

have kastet støv op i himlen som blokerede for lyset og afkølet regionen. Længere mod syd ville flammende projektiler have brændt skovene af og produceret sod, der uddybede dystretheden og afkølingen. Virkningen kunne også have destabiliseret is og frigivet smeltevand, der ville have forstyrret den atlantiske cirkulation.

Klimakaos kunne forklare, hvorfor Clovisindianerne forsvandt, deres bosættelser blev tømt, og megafaunaen forsvandt kort tid efter. Men beviset var sparsomt. Firestone og hans kolleger markerede tynde sedimentlag på snesevis af arkæologiske steder i Nordamerika. Disse sedimenter syntes at indeholde geokemiske spor af en udenjordisk påvirkning, såsom en top i iridium, det eksotiske element, der hjalp med at cementere sagen for en Chicxulub-påvirkning. Lagene gav også små perler af glas og jern - mulig meteoritisk affald - og tunge belastninger af sod og trækul, hvilket indikerer brande.

Holdet **mødte øjeblikkelig kritik**. Faldet i antal af mammuter, kæmpe dovendyr og andre arter var startet i god tid før The Younger Dryas. Derudover eksisterede der ingen tegn på en menneskelig dødsfald i Nordamerika, sagde arkæologer. Det nomadiske Clovis-folk ville ikke have opholdt sig længe på noget sted. De markante spyds punkter, der markerede deres tilstedeværelse, forsvandt sandsynligvis ikke fordi folket døde ud, men snarere fordi disse våben ikke længere var nyttige, når mammuterne var aftaget, siger Vance Holliday, en arkæolog ved University of Arizona i Tucson. Effekthypotesen forsøgte at løse problemer, der ikke behøvede at blive løst.

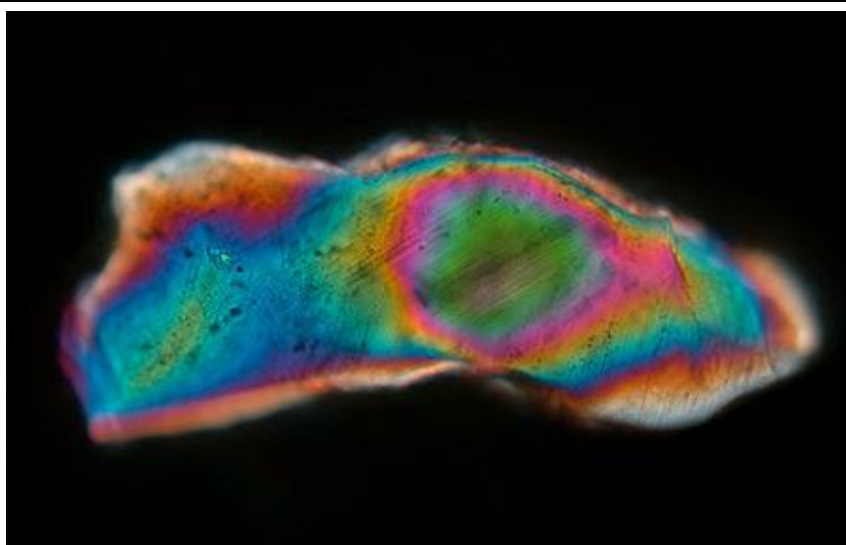
Det geokemiske bevis begyndte også at udhules. Udenfor kunne forskere ikke registrere iridiumspidsen i gruppens prøver. Perlerne var ægte, men de var rigelige på tværs af mange geologiske tider, og sod og kul så ikke ud til at stige på tidspunktet for The Younger Dryas. "De nævnte alle disse ting, der ikke er helt tilstrækkelige," siger Stein Jacobsen, en geokemiker ved Harvard University, der studerer kratere.

Alligevel døde konsekvenshypotesen aldrig helt. Dets talsmænd fortsatte med at studere det formodede affaldslag på andre steder i Europa og Mellemøsten. De rapporterede også, at de fandt mikroskopiske diamanter på forskellige steder, som de siger, **kun** kunne have været dannet af et kometnedslag. (Udenforstående forskere sætter spørgsmålstegn ved påstandene om disse diamanter.)

Med opdagelsen af Hiawatha-krateret, "**Jeg tror, vi har den rygende pistol,**" siger Wendy Wolbach, en geokemiker ved De-Paul University i Chicago, Illinois, der har udført arbejde på brandsteder i løbet af æraen.

Virkningen ville have smeltet 1500 gigatons is, vurderer holdet - omtrent lige så meget is som Antarktis har mistet på grund af den globale opvarmning i det sidste årti. Den lokale drivhuseffekt fra den frigivne damp og den resterende varme i kraterstenen ville have tilføjet mere smeltevand. Meget af dette ferskvand kunne have havnet i det nærliggende Labradorhav, et primært sted, der pumpede Atlanterhavets væltende cirkulation. "Det kan potentielt forstyrre omsætningen," siger Sophia Hines, en marine paleoklimatolog ved Lamont-Doherty.

Leery af den tidligere kontrovers, vil Kjær ikke tilslutte sig dette scenario. "Jeg sætter mig ikke foran den vogn," siger han. Men i kladder til papiret, indrømmer han, kaldte holdet eksplicit en mulig forbindelse mellem Hiawatha-påvirkningen og The Younger Dryas.



Båndede mønstre i mineralkvarts er diagnostiske for stødbølger fra en udenjordisk påvirkning. ADAM GARDE, GEUS

Beviset starter med isen.

I radarbillederne viser grus fra fjerne vulkanudbrud, at nogle af grænserne mellem sæsonbestemte lag skiller sig ud som lyse refleksioner. **Disse lyse lag kan matches med de samme lag af korn i katalogiserede, daterede iskerner fra andre dele af Grønland.** Ved hjælp af denne teknik fandt Kjær's team, at det meste is i Hiawatha er perfekt lagdelt gennem de sidste 11.700 år. Men i den ældre, forstyrrede is nedenunder forsvinder de lyse refleksioner. Ved at spore de dybe lag matchede holdet virvaret med snavset overfladeis på Hiawathas kant, der tidligere blev dateret til 12.800 år siden. "Det var temmelig selvkonsistent, at isstrømmen blev stærkt forstyrret ved eller før The Younger Dryas," siger MacGregor.

Andre beviser tyder også på, at Hiawatha kunne være The Younger Dryas-indvirkning. I 2013 **undersøgte Jacobsen en iskerne fra centrum af Grønland,** 1000 kilometer væk. Han forventede at lægge The Younger Dryas virkningsteori til ro ved at vise, at niveauer af metaller som asteroideeffekter har en tendens til at sprede for 12.800 år siden, ikke spidsede til. I stedet fandt han en top i platin svarende til dem målt i prøver fra kraterstedet. "Det antyder en forbindelse til The Younger Dryas lige der," siger Jacobsen.

For Broecker tilføjer tilfældighederne sig. Han var først blevet fascineret af Firestone-papiret, men sluttede sig hurtigt til NEJ-sigernes rækker. Talsmænd for The Younger Dryas-indvirkning satte for meget på det, siger han: brande, udryddelse af megafauna, opgivelse af Clovis-steder. "De sætter en dårlig glans på det." Men platintoppen, som Jacobsen fandt, efterfulgt af opdagelsen af Hiawatha, har fået ham til at tro igen. "Det skal være det samme," siger han.

Alligevel kan ingen være sikre på timingen. De forstyrrede lag kunne ikke afspejle andet end normale spændinger dybt inde i indlandsisen. "Vi ved alt for godt, at ældre is kan gå tabt ved at klippe eller smelte ved basen," siger Jeff Severinghaus, en paleoklimatolog ved Scripps Institution of Oceanography i San Diego, Californien. Richard Alley, en glaciolog ved Pennsylvania State University i University Park, mener, at virkningen er meget ældre end 100.000 år, og at en subglacial sø kan forklare de ulige strukturer nær isbunden. "Isstrømmen over voksende og krympende søer, der interagerer med grov topografi, kan have produceret ret komplekse strukturer," siger Alley.

En nylig påvirkning skulle også have sat sit præg i de halvt dusin dybe iskerner boret på andre steder i Grønland, som dokumenterer de 100.000 år af den aktuelle isdags historie. Alligevel udviser ingen det tynde lag murbrokker, som et slagkrater i Hiawatha-størrelse burde have sparket op. "Du burde virkelig se noget," siger Severinghaus.

Brandon Johnson, en planetforsker ved Brown University, er ikke så sikker. Efter at have set et udkast til undersøgelsen brugte Johnson, der modellerer påvirkninger på iskolde måner som Europa og Enceladus, sin kode til at genskabe en asteroideeffekt på et tykt isark. **En påvirkning graver et krater med en central top som den, der ses ved Hiawatha**, fandt han, men isen undertrykker spredningen af stenrester. "De første resultater er, at det går meget mindre langt," siger Johnson.



I 2016 ledte Kurt Kjær efter bevis for en påvirkning i sand, der blev skyllet ud under Hiawatha-gletsjeren. Han ville finde glasagtige perler og chokerede krystaller af kvarts. SVEND FUNDER

Selvom asteroiden ramte i det rigtige øjeblik, havde den muligvis ikke frigjort alle de katastrofer, som tilhængere af The Younger Dryas-indvirkning forestillede. "Det er for lille og for langt væk til at dræbe Pleistocene-pattedyr i det kontinentale USA," siger Melosh. Og hvordan en strejke kunne udløse flammer i en sådan kold, ufrugtbar region er svært at se. "Jeg kan ikke forestille mig, hvordan noget lignende denne indvirkning på dette sted kunne have forårsaget massive brande i Nordamerika," siger Marlon.

Det har måske ikke engang udløst The Younger Dryas. Havsedimentkerner viser intet spor af en bølge af ferskvand i Labradorhavet fra Grønland, siger Lloyd Keigwin, en paleoklimatolog ved Woods Hole Oceanographic Institution i Massachusetts. De bedste nyere beviser, tilføjer han, **antyder en oversvømmelse i det arktiske hav gennem det vestlige Canada i stedet.**

En ekstern udløser kan under alle omstændigheder være unødvendig, siger Alley. I den sidste istid oplevede Nordatlanten 25 andre køleformuleringer, sandsynligvis udløst af forstyrrelser i Atlanterhavets væltende cirkulation. Ingen af disse besværgelser, kendt som Dansgaard-Oeschger (DO) begivenheder, var så alvorlige som The Younger Dryas, men deres hyppighed antyder, at en intern cyklus også spillede en rolle i The Younger Dryas. Selv Broecker er enig i, at virkningen ikke var den ultimative årsag til afkøling. Hvis DO-begivenheder repræsenterer pludselige overgange mellem to regelmæssige tilstande i havet, siger han, "man kan sige, at havet nærmer sig ustabilitet, og på en eller anden måde væltede denne begivenhed det."

Alligevel vil Hiawatha's fulde historie komme an på sin alder. Selv et udsat stødkrater kan være en udfordring for datering, hvilket kræver at fange det øjeblik, hvor stødet ændrede eksisterende klipper - ikke slaglegemets oprindelige alder eller dets mål. Kjær's hold har prøvet. De affyrede lasere mod de glasagtige sfærer for at frigive argon til datering, men prøverne var for forurenede. Forskerne inspicerer en blå krystal af mineralet apatit for linjer efter uranets henfald, men det er et langt skud. Holdet fandt også spor af kulstof i andre prøver, som en dag kan give en dato, siger Kjær. Men det ultimative svar kan kræve, at man borer gennem isen til kraterbunden for at finde sten, der smeltede i stødet, og fik nulstillede sit radioaktive ur. Med store nok prøver skal forskere være i stand til at fastsætte Hiawatha's alder.

I betragtning af den fjerne placering ville en boreexpedition til hullet i toppen af verden være dyr. Men en forståelse af den seneste klimahistorie - og hvad en enorm indflydelse kan gøre for planeten - står på spil. "Nogen bliver nødt til at bore derinde," siger Keigwin. "Det er alt der er ved det."



Paul Voosen

is a staff writer who covers Earth and planetary science.