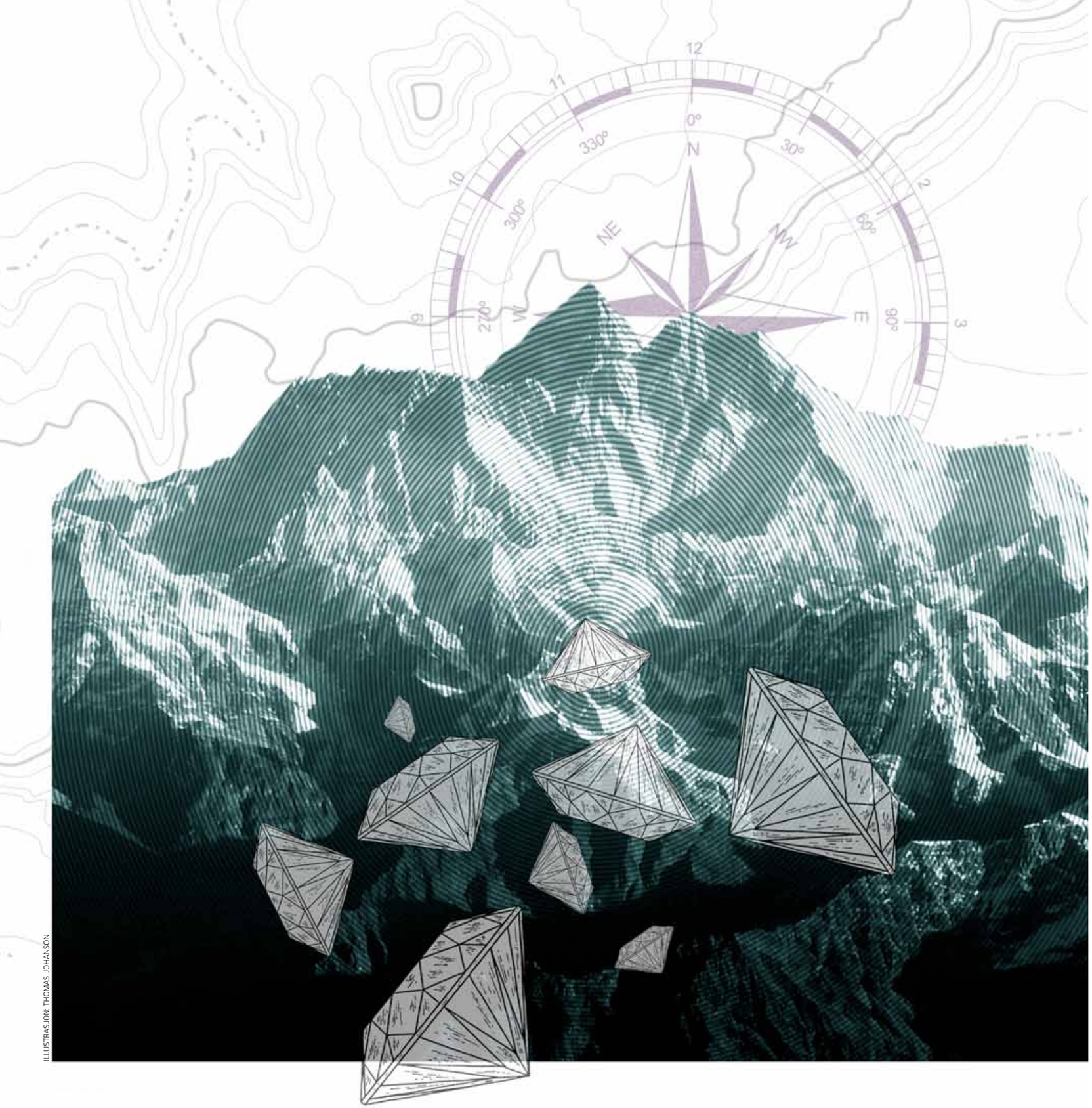


ILLUSTRASJON: THOMAS JOHANSON

Høyere enn Himalaya

For 410 millioner år siden var Vestlandsfjellene gigantiske. I restene av dem har forskere nylig funnet diamanter.

NORGES VOLDSOMME FORTID
Del 2:3

GEOVITEN
Fjellkjeder dannes når kontinentalplater kolliderer. Når de glir fra hverandre, kollapser fjellkjedene.

TEKST:
REIDAR MÜLLER

Vi står på den lille odden Svartberget, noen mil nordvest for Molde. Havet ligger vidstrakt utover, vinden blåser friskt og regnet stryker mot kinnet. Professor Torgeir Andersen fra Universitetet i Oslo og nederlenderen Hans Vrijmoed fra Universitetet i Santa Barbara i USA studerer inngående bergarten foran seg. Steinen, en eklogitt, skinner i grønt og rødt. I denne sjeldne bergarten gjorde nederlenderen et oppsiktsvekkende diamantfunn.

– Her fant jeg den, sier Vrijmoed og peker på en liten sprekk. – Den er svært liten, og krever spesielle mikroskoper for å oppdages.

Diamanten skapte oppsikt blant kollegene hans. «Slikt finner du bare én gang i livet» og «du overgår aldri dette» var noen av reaksjonene.

Funnet har stor forskningsmessig verdi.

– Men diamanten har ingen økonomisk verdi, sier nederlenderen bestemt.

EN FJELLKJEDE BLIR TIL. Diamanten er kun en liten brikke i en mye større fortelling: Dannelsen av og forsvinningsnummeret til Kaledonidene – en gigantisk fjellkjede som strakk seg oppover langs Vestlandet. Den har fostret noen av de høyeste fjelltoppene som noen gang har eksistert på jordkloden. Og akkurat her på Mørekysten lå flere av de aller høyeste.

– Fjellene var opp mot 10 000 meter høye. Nede i dypet av dem var trykket ekstremt høyt, og der ble diamanten dannet, sier Torgeir Andersen engasjert. Men hvordan kan forskerne si noe om høyden til fjell som eksisterte for over 400 millioner år siden? Fjellkjeder er nesten som isfjell: Jo dypere de stikker ned i mantelen («kappen» som ligger mellom Jordens kjerne og jordskorpen), desto høyere rager de over havoverflaten. Her har diamanten en viktig historie å fortelle.

– Funn av diamanter og andre mineraler dannet under høyt trykk beviser at jordskorpen var usedvanlig tykk. Røttene til fjellkjeden her på Vestlandet stakk 100 km og kanskje mer ned i mantelen. Når jordskorpen var såpass tykk, var fjelltoppene også svært høye, forteller han.

Fjellkjeden ble ikke dannet på et øyeblikk. Norge ligger på en enorm

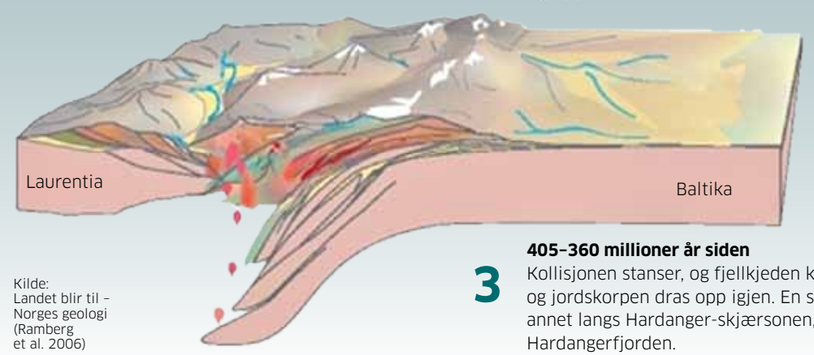
DEN KALEDONSKE FJELLKJEDE

500 millioner år siden

1 **500 millioner år siden**
Kontinentalplaten Baltika (Europa) begynner å bevege seg mot Laurentia (Nord-Amerika og Grønland). Lukningen av det forhistoriske Lapetushavet begynner, og pågår i flere faser med dannelse av vulkanske øybuer.

460 millioner år siden

2 **430–405 millioner år siden**
Kontinentene kolliderer, og Baltika sklir under Laurentia. Fjellkjeden er på sitt høyeste, og toppene kan ha vært opp mot 10 000 meter høye. Møreområdet er presset langt ned i dypet under fjellkjeden. Store skyvedekker er stablet oppå hverandre i fjellkjeden. Disse finnes i dag blant annet i Jotunheimen, Rondane, store deler av Trøndelag og oppover mot Finnmark.



420 millioner år siden

3 **405–360 millioner år siden**
Kollisjonen stanser, og fjellkjeden kollapser. Skyvedekkene sklir tilbake og jordskorpen dras opp igjen. En slik tilbakeglidning skjedde blant annet langs Hardanger-skjærsonen, som bidro til utformingen av Hardangerfjorden.

Kilde:
Landet blir til – Norges geologi (Ramberg et al. 2006)

FOTO: REIDAR MÜLLER

HER VAR DET: Hans Vrijmoed peker med hammeren på stedet der han fant diamanten. Den ble dannet under trykket av det som en gang var en høy fjellkjede, forteller professor Torgeir Andersen.

Mørekysten er det beste stedet i verden for å vise hva som skjer i dypet av Himalaya

Loïc Labrousse, forsker

kontinentalplate kalt det baltiske skjold. Slike plater flyter som digre skip på den underliggende mantelen, og når de kolliderer, dannes fjellkjeder. For 430 millioner år siden kolliderte det baltiske skjold og Norge med den laurentiske plate (Nord-Amerika/Grønland). Da ble Kaledonidene dannet. Fjellkjeden var 6000 km lang og noen steder opp til 1000 km bred, og den strakte seg fra Svalbard i nord og helt ned til østkysten av USA.

HIMALAYA PÅ VESTLANDET. Forskerne har forflyttet seg noen mil nordover langs Atlanterhavsveien. Busslaster med turister kommer for å nyte den overveldende utsikten mot havet. Geologene stirrer derimot intenst inn i en veiskjæring. Området har ikke kun vakker natur, men også unik geologi. Forskere fra hele verden besøker derfor Mørekysten.

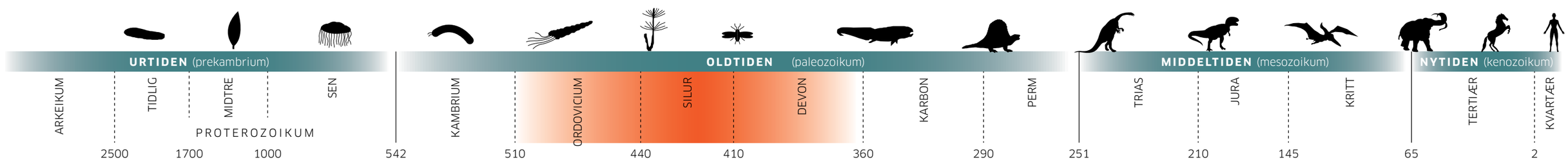
– Jeg elsker disse bergartene. Jeg har jobbet med dem gjennom hele karrièren, forteller Vrijmoed, og minner om sitt første møte med området.

– Jeg bodde på kjøkkengulvet på en skole her i mine første feltsesonger. Jeg hadde så dårlig råd.

I tillegg har Torgeir Andersen de franske forskerne Loïc Labrousse og Anne-Céline Ganzhorn fra Université Pierre et Marie Curie i Paris på besøk.

– Dette er det beste stedet i verden for å vise hva som skjer i dypet av Himalaya og andre fjellkjeder. Her får vi hjelp til å forstå prosessene som foregår i dem, sier Labrousse og myser bak brillene. Sist sommer lette han i Himalaya etter lignende bergarter som geologene finner på Mørekysten, uten å lykkes.

– Her kan du se hvordan fjellkjedene ser ut inni. Mange utenlandske forskere kommer hit fordi bergartene her er begravet på ekstreme dyp, der



MILLIONER ÅR SIDEN ■ **PERIODEN DA DEN KALEDONSKE FJELLKJEDEN OPPSTO OG FORSVANT IGJEN**

FOTO: REIDAR MÜLLER

DIAMANTER

■ **DIAMANTFUNN I NORGE:** Mikrodiamanter er også funnet noen få andre steder på Vestlandet, som ved Bardane ved Fjørtoft i Møre og Romsdal. I Pasvikelva er opptil 2,7 mm store diamanter funnet i elvegrus, men disse er ikke dannet på samme måte som dem på Vestlandet.

■ **OPPSKRIFTEN PÅ EN DIAMANT:** Trykket må være svært høyt *) og grunnstoffet karbon må være til stede. Såpass høyt trykk dannes i dypet av Jordens mantel. Vanligvis bringes diamanter til overflaten ved hjelp av dype vulkanutbrudd, og det er denne typen som brukes i smykker. De kan også dannes ved meteorittnedslag og ved fjellkjedekollisjoner.
Temperaturen må være relativt lav – under 1000 grader. Den brenner opp ved høyere temperaturer. Noe mange smertelig har erfart ved å miste diamantringen sin i peisen.

*) Bare under store trykk, vel 4 GPa (120 km dyp) og ca. 1000 °C, kan diamant dannes stabilt. Grafitt er en lavtrykksversjon av karbon.

også diamantene ble dannet, supplerer Andersen.

Forskerne ser flere likhetstrekk med dagens Himalaya-fjellkjede og den kaledonske fjellkjeden.

– De høyeste fjelltoppene var om lag like høye eller noe høyere enn fjellene i Himalaya. Strukturen på selve fjellkjeden er også omtrent lik, sier Andersen.

PREGER NORGES LANDSKAP. Dagen før sitter vi på flyet til Molde. Idet SK4524 letter fra Gardermoen, bretter Andersen ut et geologisk kart over Norge. Kaledonidene har gjort mer enn å lage diamanter. Fjellkjeden har preget Norges landskap. Sporene etter den kan følges fra Rogaland over Jotunheimen-Rondane og nordover til Finnmark. Under oss skimter vi Romeriksåsene.

- Her er landskapet preget av en annen fjellkjededannelse, den såkalte sveco-norvegiske, som er om lag én milliard år gammel. Åsryggene og mange av de store vannene i Østmarka følger de strukturelle svakhetene i denne fjellkjeden - som var mindre enn den kaledonske, forteller Andersen. Flyet gjør en sving, og i det fjerne kan vi skimte Oslofjorden.

- Oslo-området er preget av den kaledonske fjellkjeden. Her ble kalk- og leirstein foldet og skråstilt i en nordøstlig-sørvestlig retning. Åsryggene i Oslo, Asker og Bærum samt øyene i indre Oslofjord følger derfor denne retningen, fortsetter professoren og peker på kartet.

For 350 millioner år siden ble Norge igjen et slette-landskap

NESTE UKE: Da Oslo - området var vulkansk.

Skydekket er tett, men etter en stund lyser han opp.

– Se der, Jotunheimen! Jotunheimen er en del av Jotundekket. Dette er en bit av jordskorpen, eller et skyvedekke, som ble skjøvet inn over Norge under dannelsen av fjellkjeden.

Skyvedekkene er opptil flere hundre kilometer brede. De danner også høye fjellområder med markerte skrenter over skyvegrensen, f.eks. Hallingskarvet, Hardangerjøkulen og flere av Hemsedalsfjellene (Skogshorn, Reineskarvet).

- De høyeste fjellene i Jotunheimen, som Galdhøpiggen, består av den harde og motstandsdyktige bergarten gabbro. Gabbroen har tålt erosjonen best, og blir derfor stående opp som topper, fortsetter Andersen.

Etter en stund ser vi Årø flyplass utenfor Molde under oss.

- Molde ligger i det som kalles vestre gneisregion. Her ble jordskorpen presset ned 60-80 km og omvandlet under dannelsen av fjellkjeden. Da disse bergartene ble dradd ned i dypet, ble også diamantene dannet.

VARER IKKE EVIG. Selv den mektigste fjellkjede må gi tapt. En gang raget fjellene her like høyt som Mount Everest. Nå er kun restene igjen. For 350 millioner år siden ble Norge igjen et sletteland. Først etter den såkalte tertiære landhevning for ca. 65 millioner år siden skulle Norge igjen formes til et fjelland - riktignok en blek kopi av Kaledonidene.

- Da kontinentene sluttet å gli mot hverandre, kollapset fjellkjeden. Nesten som om du lar en brøddeig stå, så vil den sakte sive ut til sidene, forteller professor Andersen.

Hele Møreområdet, som var dradd ned i dypet, steg dermed opp mot overflaten igjen i løpet av noen millioner år. Erosjonen var også hensynsløs med den kaledonske fjellkjeden, og titalls kilometer ble skrellet av.

Ved Svartberget, ikke langt fra diamantfunnet, håper de franske forskerne å finne nye svar på hvordan fjellkjeden kollapset. Labrousse måler opp de geologiske strukturene som snirkler og buer seg vakkert langs svabergene. Spørsmålet franskmennene stiller seg, er hvordan skorpen som akkurat her var begravet så dypt, kunne komme opp igjen relativt helskinnet.

- Deler av jordskorpen kunne sunket ned i mantelen, men det skjedde ikke. Kanskje smeltet jordskorpen delvis opp, noe som gjorde at den steg lettere opp igjen mot overflaten, sier Labrousse.

Diamanten som ble funnet på Svartberget, var også med på reisen fra dypet mot overflaten under kollapsen.

- Det var mange diamanter i disse bergartene, men kun svært få er bevart, sier Vrijmoed og ser rundt seg på odden.

- Trykket ble lavere og varme væsker trengte inn i bergarten. Dermed ble de aller fleste diamantene ødelagt.

a-magasinet@aftenposten.no