

Hvor kommer kalken fra?

Fra kølige underjordiske gange i Mønsted til molerklinter på Fur: Danmarks hvide mineral er et aftryk af et urgammelt hav og en nøgle til at forstå, hvorfor Danmark har hårdt vand.

Tekst: Isaac Appelquist Løge,
Department of Chemical
Engineering, Norwegian
University of Science
and Technology (NTNU)
og DTU Kemiteknik
Fotos: David Bering/Montgomery

Det første, man lægger mærke til i Mønsted Kalkgruber, er lyden: vand, der drypper i mørket, og skridt, der forsvinder i et netværk af gange. Det næste er lyset. Eller mangel på samme. Og så er der materialet. Væggene er hvidlige og bløde i udtrykket. Her kan man bogstaveligt gå ind i Danmarks geologiske hukommelse.

Kalk: Et misforstået mineral

Kalk har et dårligt ry. Det er et mineral, som mange kender: de hvide aflejringer i bruseren, beskidte klinter eller grus mellem tænderne fra elkedlen. Men kalk er mere end det. Kalk er et mineral, som Danmark er bygget på: både vores faktiske jord og vores kulturhistorie. Derfor fortjener kalken et rygstød. I denne artikelserie, *Kalk – et misforstået mineral*, vil vi gøre netop det. Vi vil vise kalkens rolle i den danske geologi; hvordan kalken har været med til at gøre os rige, og hvilke løsninger kalken kan give i fremtiden.

Kalk er, kemisk set, mestendels calciumcarbonat, CaCO_3 . I dansk geologi dækker ordet både over kridt (meget fin-



Figur 1. I kalkminen kan man se noget, man sjældent ser i en kystprofil: selve lagplanet. Når man står under loftet i minerne, afsløres "trin" i lagfladen, så man fornemmer, at kalken ligger som store, sammenhængende plader gennem undergrunden. De mørke striber er flintzoner, som følger bestemte niveauer i kalken, en slags "geologisk lineal", der gør lagdelingen ekstra let at aflæse. Samtidig ses sprækker og brud, der minder om, at kalken ikke bare er aflejret i et hav, men også senere er blevet påvirket af bevægelser i undergrunden.

kornet, porøs kalkbjergart) og over hårdere kalksten fra især Danien-tiden lige efter dinosaurernes sidste kapitel. At vi har så meget CaCO_3 i Danmark, er ikke et tilfælde; det er resultatet af et langt

forløb, hvor biologi, havniveau, kemi og pladetektonik har arbejdet sammen.

Et land bygget af plankton

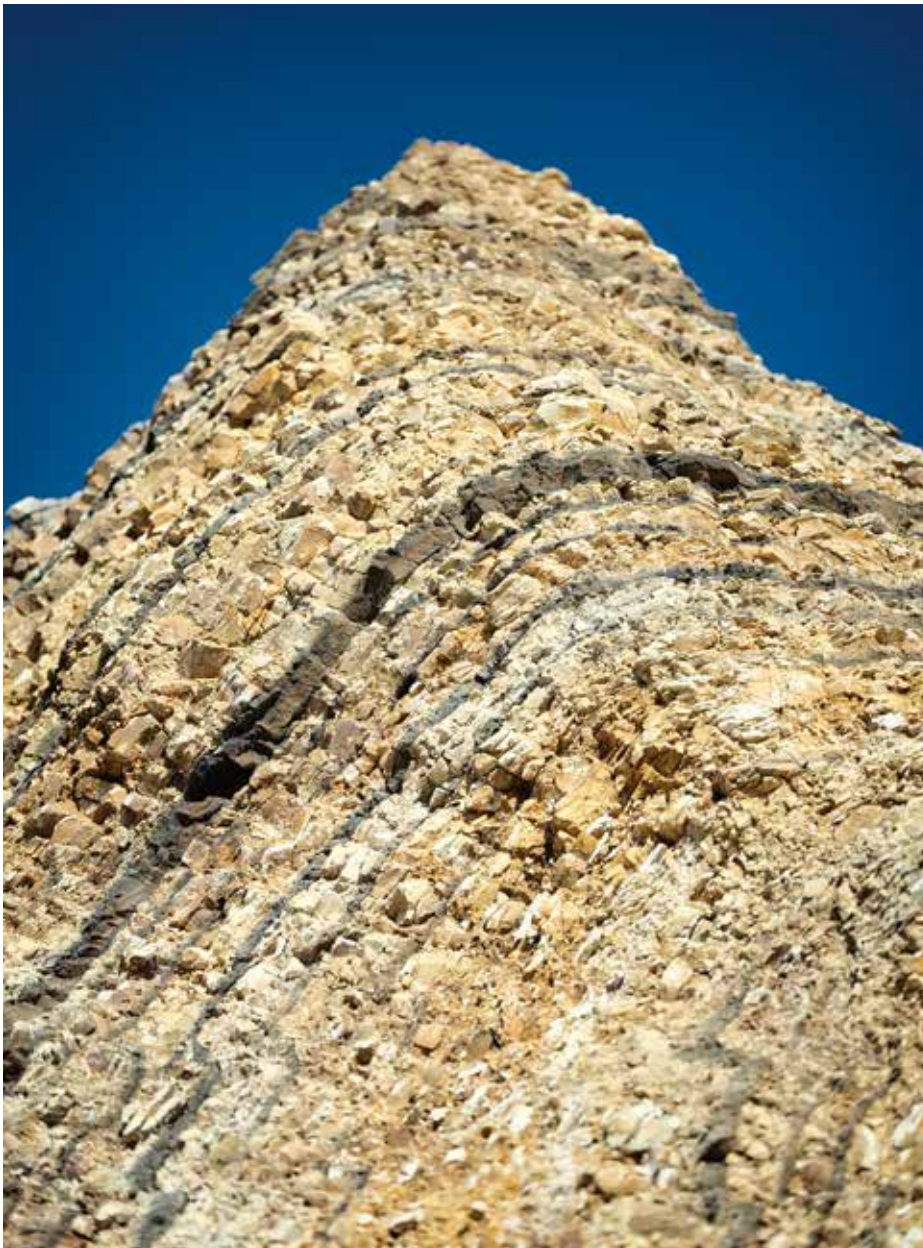
Vi rejser 66 millioner år tilbage i tiden. Til overgangen mellem Kridttiden og Palæogen [1]. Dengang lå Danmark ikke som et "land" i moderne forstand, men som en del af et stort, lavvandet havområde i det nordlige Europa: et marint bassin, der hang sammen med det, vi i dag kender som Nordsøregionen. Havniveauet stod højt. Det betød, at store dele af den nuværende danske undergrund lå under vand i lange perioder.

Når havet står højt, rykker kystlinjer langt ind over kontinenterne. Paradoksalt nok giver det ofte mindre sand og

■ Artikelserie om kalk

I dette og de tre efterfølgende numre af Dansk Kemi bringer vi en artikelserie om mineralet kalk. Artiklerne er skrevet af postdoc Isaac Appelquist Løge fra Kemiteknik Fra DTU på baggrund af en bevilling fra Carlsbergfondet. Artiklerne vil have følgende temaer:

- Artikel 1: Hvorfor har vi så meget kalk i Danmark: Danmarks undergrund og fortid
- Artikel 2: Hvordan har danskere tidligere brugt kalk som et mineral?
- Artikel 3: Hvad er kalks potentiale i klimakampen?
- Artikel 4: En forskers råd til at blive fri for kalk.



Figur 2. I en molergrav bliver Fur Formationen næsten læsevenlig: lyse, fine lag af diatomit afbrydes af mørke askelag, der ligger som skarpkantede, tynde "snit" gennem profilet. Det særlige i et udgravningssnit som dette er, at man ofte kan se, hvordan askelagene ikke bare er farveforskelle, men reelle nedfaldshorisonter: de ligger i samme retning og kan følges på tværs af store flader. Og netop fordi askelagene er så pludselige begivenheder, bliver de en slags "tidsnit": de kan bruges til at sammenligne profiler og forstå, hvor hurtigt et miljøskefte kan skrives ind i geologien.

ler ude på de dybere dele af havbunden, fordi meget af det landafledte materiale aflejres tættere på kysterne, og fordi strømforhold og afstande "sorterer" de grovere partikler fra, før de når ud i bassinets roligere zoner. Det skaber plads til en helt anden type sediment: kalkslam. Kridttiden hedder netop "Kridttiden" (Cretaceous/creta) i geologernes sprog, fordi kalkaflejringerne er så markante globalt. Danmark er et af de steder, hvor det virkelig kan ses.

Produktionen af kalkslam blev drevet af mikroskopiske kalkdannere. Særligt kokkolitoforer (kalkalger) byggede små

kalkplader (kokkolitter) af calciumcarbonat, CaCO_3 , og foraminiferer lavede kalkskaller i vandet [2]. Man kan tænke på det som en konstant, næsten usynlig "kalksne", der dalede gennem vandsøjlen: Når organismerne døde, sank deres kalkskeletter og blev til et fint, hvidt slam på havbunden. Over meget lange tidsrum, og med relativt lidt "fortynding" fra sand og ler, kunne slammet blive usædvanligt rent i sammensætning, hvilket er en del af forklaringen på, hvorfor dansk kridt kan være så lyst og kalkrigt.

Men historien stopper ikke ved aflej-

ring. Ved Kridt-Palæogen-grænsen (det samme tidspunkt som dinosaurernes uddøen) ændrede livet i havet sig dramatisk, og sammensætningen af kalkproducenter ændrede sig også. I Danmark fortsatte kalkdannelsen ind i Danien lige efter grænsen, men ofte med et lidt andet "biologisk fingeraftryk" i kalken [1,3]. Det er blandt andet derfor, man i dansk geologi taler om både kridt (meget finkornet og porøs kalk) og hårdere kalksten fra tiden lige efter. To beslægtede materialer, men med forskelle i tekstur, fossilindhold og styrke.

Over tid blev det bløde slam til sten gennem diagenese, altså de processer, der virker efter aflejring. Først presses laget sammen under vægten af yngre sedimenter ovenpå: porerum kollapsede (kompaktion), og vand presses ud. Samtidig kan calciumcarbonat opløses og udfældes igen som calcit-cement, der "limer" korn og mikrofossiler sammen (cementeret). Resultatet er kridt og kalksten, bjergarter, hvis porøsitet og gennemstrømning i dag betyder noget for alt fra råstofudnyttelse til grundvandets veje gennem undergrunden.

Mønsted: Kalk løftet af salt

Tilbage i vores tid kan vi stadig se disse spor. Ved Mønsted i Midtjylland ser man ikke længere havet; man ser sporene af undergrundens langsomme "maskineri". Kalken her er Danienkalk, altså kalksten afsat lige efter Kridt-Palæogen-grænsen, og grunden til, at den overhovedet ligger så tæt på overfladen netop her, hænger sammen med noget så uventet som salt [3,4].

Under dele af den danske undergrund, især i Nord- og Midtjylland, ligger der tykke lag af salt fra Permtiden (Zechstein), afsat længe før Danmark var Danmark [4]. Salt opfører sig anderledes end de fleste bjergarter: Det er relativt let, og det kan deformeres plastisk over geologisk tid. Når overliggende lag bliver tungere og tykkere, kan saltet derfor langsomt "flyde" og samle sig i saltpuder og salt diapirer, der presser de yngre lag op [4]. I Mønsted betyder det, at et ellers mere dybtliggende kalklag er blevet løftet op og i dag ligger som en isoleret "ø" af Danien i et område, hvor der ellers dominerer yngre aflejringer. I figur 1 på side 19 ses disse lag. Her står vi under lagene og ser dem udstrakt, adskilt af lag med flintesten.

Selve kalkgruben ligger i den nordlige del af det, geologer kalder Mønsted-saltdomen, en af flere saltstrukturer i Limfjordsområdet [5]. Det er en af grundene til, at Mønsted er så sjældent et feltlaboratorium: Her kan man gå rundt

i en kalksten, som normalt ville være skjult under andre lag og se, hvordan den er påvirket af deformation over en saltstruktur.

Fur: Da kalkhavet skiftede karakter

Hvis man rejser længere nordpå, kommer man til øen Fur. Når man står ved klinerne på Fur, er fortællingen om kalk en anden. Hvor kridtet og Danienkalken er præget af CaCO_3 -produktion, er Fur Formationen domineret af moler: en marin, leret diatomit, afsat i tidlig Eocæn. "Moler" er den lokale betegnelse for en eocæn diatomit, der ligger i lyse lag og er gennemskåret af grå til sorte vulkanske askelag. Og i den vulkanske aske gemmer sig blandt andet calciumholdige mineraler; noget, der vil blive vigtigt senere.

I molerhavet var det især kiselalger (diatoméer), der producerede biomasse, plankton med porøse skaller af kisel (SiO_2). Naturstyrelsen beskriver, hvordan moleret blev afsat på bunden af et subtropisk hav for cirka 55 millioner år siden, og hvordan aflejringen kan beskrives som omtrent en tredjedel ler og to tredjedele skaller fra

kiselalger, med over 100 diatomé-arter registreret [6].

Og så er der askelagene. I molerklinerne er stratigrafi næsten gjort håndgribeligt (se figur 2): Man kan opmåle omkring 187 vulkanske askelag, og de kan genkendes fra klint til klint som en geologisk stregkode [7,8]. Askene er nummereret (fra -33 til +140), og de repræsenterer en periode med intens vulkansk aktivitet knyttet til åbningen af Nordatlanten [7]. Askelagene er ofte graderede, og det tolkes som, at ét askelag typisk afsættes fra én askesky, et enkelt udbrud, hvor aflejringen kan være sket over 1-3 dage [7]. På den måde bliver Fur et sjældent sted, hvor man kan skifte mellem geologisk tid og næsten "vejrhurtig" geologi: Et par dages askenedfald indlejret i en lagserie, der ellers repræsenterer tusinder af år. Askelagene peger også frem mod en anden fortælling: Mineraler i aske og bjergarter kan i princippet reagere med CO_2 og binde det i faste karbonater. Der kommer mere om det i de kommende udgivelser.

Hvorfor betyder det noget i dag?

Når vi kigger ud over vores land, ser vi,

at kalkens geologi ikke kun er baggrundstæppe. Det driver infrastruktur, kemi og arbejdspladser. Kalklag fungerer mange steder som vigtige grundvandsmagasiner, netop fordi kalk kan være både porøs og gennemskåret af sprækker og forkastninger.

I hverdagen møder vi kalkens kemi som hårdt vand og kedelsten, men i den store skala handler det om, hvilke lag der beskytter drikkevandet, hvor hurtigt vand strømmer, og hvor let forurening kan transporteres. Fur giver et andet vigtigt perspektiv: Lagserien med de mange askelag gør området til et unikt "ur" for tidlig Eocæn, hvor man kan koble danske aflejringer til store begivenheder i Nordatlanten og til klimaepi-soder som drivhusperioder.

Når man først har stået i Mønstedes underjordiske rum eller læst askelagene på Fur som en stregkode, bliver CaCO_3 til andet end en belægning på et armatur: Det bliver et spor af dyb tid og en forklaring på, hvorfor den danske undergrund ser ud, som den gør og hvorfor vi har så hårdt vand.

Taksigelser

Projektet "KALK: En fortælling om et misforstået mineral" er gjort muligt gennem støtte fra Carlsbergfondets Mindelegat. Billederne er taget af David Bering fra Montgomery. Projektpartnere er Mønsted Kalkgruber, David Lundbek Egholm fra Institut for Geoscience.

E-mail:

Isaac Appelquist Løge: isacl@kt.dtu.dk

Kilder og videre læsning

1. Danien (Lex.dk – Erik Thomsen), <https://lex.dk/Danien>.
2. Chalk (Encyclopaedia Britannica), <https://www.britannica.com/science/chalk>.
3. Danienkalk (Lex.dk), <https://lex.dk/Danienkalk>.
4. GEUS Rapport 2010/124 (PDF), https://www.geus.dk/media/6739/geus_rap_2010-124.pdf.
5. Madirazza, I. (1964): Structural Geology of a Limestone Mine at Mønsted... (PDF, 2dgf), <https://2dggf.dk/xpdf/bull-1964-15-4-519-547.pdf>.
6. Naturstyrelsen: Historie – Fur, <https://naturstyrelsen.dk/find-et-naturomraade/naturguider/himmerland-og-limfjorden/fur/historie>.
7. Pedersen, G.K. & Pedersen, S.A.S. (GEUS Rapport 2013/47) (PDF), https://data.geus.dk/pure-pdf/29566/GEUS-R_2013_47_opt.pdf.
8. Pedersen A.B., Schovbo N.H., Bodin S., et al. Geochemical characterisation of the Danish subsurface ash series for carbon mineralisation potential. *Bull Geol Soc Denmark*. 2025;74(1):227-250. doi:10.37570/bgsd-2025-74-13.



Figur 3. Den store lyse klump i moleret er en *cementsten*. Den repræsenterer en anden måde at danne kalk på end almindelig lag-for-lag sedimentation: i stedet for at være aflejret som et lag, er den vokset inde i sedimentet, mens havbundsmudderet stadig var relativt blødt. Det sker, når porevandet i sedimentet bliver rigt på opløst karbonat, så calcium kan udfælde og cementere et område til en hårdere, mere kompakt klump, ofte omkring et lille nukleationskim, det være sig en skalrest eller en kemisk grænse i sedimentet. I praksis bliver sådan en cementsten en lille geologisk kapsel: den kan bevare strukturer og fossiler anderledes end det omgivende moler og den viser, at kalkens historie ikke kun handler om hav og aflejring, men også om kemi i porerum efterfølgende.