

To vandreblokke står vagt ved Øresundsforbindelsen



Stig A. Schack Pedersen & Palle Rubæk Andersen



Den 1. juli er Øresundsforbindelsen åbnet og Skåne og Sjælland nu er gjort landfaste med hinanden til glæde for ikke mindst Øresundsregionens befolkning.

To store vandreblokke er stillet op som skulpturelle vartegn for Øresundsforbindelsen. Vandreblokkene som blev hentet op fra Øresunds bund, hvor de lå i vejen for gravearbejdet er blevet navngivet "Skåne" og "Sjælland".

Blokkene er anbragt i et lille anlæg umiddelbart til venstre for (nord for) nedkørslen til tunnelen fra Amager over til Peberholm. Ved åbningsceremonien blev der i hver af vandreblokkene indmuret et rør med navnene på alle, der havde deltaget i arbejdet med virkeliggørelsen af forbindelsen.

Der blev udtaget borekerner fra de to huller i blokkene, hvor rørene blev indmuret. Materiale fra disse kerner er blevet undersøgt og resultaterne er bl.a. med til fortæller om stenenes geologiske historie.

Under tilblivelsen af Øresundsforbindelsen har GEUS være involveret på mange forskellige planer. GEUS var med i den tidlige fase, hvor projekteringen af broen og tunnelen skulle besluttes. De geotekniske undersøgelser var baseret på geologiske forundersøgelser, som GEUS kunne bidrage med.

Da det blev besluttet, at man ville anvende en sænketunnelløsning, var GEUS med til at overvåge miljøbelastningen i forbindelse med gravearbejdet, specielt ved gravningen igennem København Kalken. Og siden har GEUS fulgt undersøgelserne af miljøbelastningen op med målinger af den efterfølgende sedimenttransport og aflejring omkring Saltholm og ikke mindst den ny-anlagte Peberholm.

"Skåne" og "Sjælland" - To undersøiske skær i Øresund

De to vandreblokke har en betragtelig størrelse. Vægten blev under transporten målt til omtrent 105 og 75 tons; de kan dog ikke opnå noget danmarksmesterskab



Vandreblokkene "Sjælland" og "Skåne" på deres nuværende plads før færdiggørelsen af det lille anlæg ved nedkørslen til tunnelen til Peberholm. "Skåne" måler 4,6 m x 4,0 m x 3,5 m og har en vægt på ca. 105 tons, mens "Sjælland" er lidt mindre med mål på 3,4 m x 3,2 m x 2,7 m og en vægt på omkring 75 tons (geolog Stig Schack Pedersen, ca. 180 cm høj, er målestok). Foto: Jens Galsgaard.

i vandreblokstørrelse. Den største vandreblok i Danmark er stadig Dammosten (eller Hesselagerstenen) på det østlige Fyn, der med en størrelse på ca. 370 m³ vejer omkring 1000 tons. På Sjælland er den største, kendte vandreblok Hvissingestenen med en vægt på 250 tons. Den blev reddet og beskyttet under et anlægsarbejde ved Glostrup i 1966.

Nu, her i år 2000 er der så fremdraget to nye "monoliter", der med stenenes massive vægt virker med en monumental kraft i vores bevidsthed.

"Skåne" er den største af de to vandreblokke (4,6 x 4,0 x 3,5 m) og vejer ca. 105 tons. Den blev fundet i Drogden på østsiden af sejlrøden (position 55° 36,94' N; 12° 42,77' E), hvor den i første omgang blev skubbet til side, fordi den lå i vejen for anlægsarbejdet. Siden fik anlægsselskabet Øresund Marine Joint Venture bjerget stenkæmpen ind til dens nuværende plads; et arbejde der var forbundet med en del besværligheder.

"Skåne" er anbragt mere eller mindre med den "rigtige" side opad. Dens "fod" lå begravet ca. en halv meter nede i havbunden. Selve havbundsgrænsen er markeret på

stenen som et rustforvitret, mørkt bånd. Den lå på havbunden som et ca. 3 m højt, undersøisk skær og var derfor et naturligt sted for blåmuslinger (*Mytilus edulis*) at sætte sig fast. Desuden var stenens overflade dækket af et kniplingagtigt fint, hvidt lag af mosdyr (bryozoaer, (*Membranipora* sp.)). Dele af disse overvoksninger sidder der endnu.

Stenen er en mørk grønliggrå, grov- til mellemkornet granitisk bjergart. Den flade af stenen, som nu hælder 45° mod syd ud mod motorvejen ligner en gammel gletscherskuret grundfjeldsoverflade. Fladerne mod nord, øst og vest står næsten vertikale, og disse næsten plane flader antages at svare til gamle sprækkesystemer i det grundfjeld, som blokken oprindeligt kommer fra.

"Sjælland", den mindste af de to blokke (ca. 3,4 x 3,2 x 2,7 m), vejer omkring 75 tons. Den blev fundet i Flinterenden (position 55° 35,16' N; 12° 50,81' E). Herfra blev den transporteret hen til anlægget ved tunnelnedkørslen. Da den lå i Flinterenden, var omkring en tredjedel af blokken begravet i havbunden. Det var lidt af et arbejde at få gravet den fri, så den kunne

Set lidt på afstand har granitblokken "Sjælland" et hvidspættet udseende, som skyldes, at den er bevoftet med rurer (*Balanus* sp.).

Lidt tættere på ses de hvide pletter at være enten hele kalkskaller af rurer eller deres efterladte, ringformede fæste på stenen. Rurerne lever nær ved vandoverfladen og kan ved lavvande trække et beskyttende kalkskjold hen over fangarmene, så de kan overleve til det igen bliver højvande. Rureres kalkskelletter kan således minde os om, hvordan "Sjælland" i sin tid lå som et skær på kanten af Flinterenden. Foto: Jens Galsgaard.

transporteres ind til Amager. Den er nu placeret "omvendt", således at den del, der tidligere lå begravet i havbunden, nu kan ses markeret som en mørk kalot på toppen af stenen. Kalotten vil måske med tiden forvitte og blive lysere. Det hvide udseende af resten af stenen skyldes, at den er dækket af rurer (*Balanus* sp.), som bosatte sig på stenens overflade, da den lå på havbunden.

Stenen er en fin- til svagt mellemkornet, lysegrå til svagt lyserød, stærkt forgneiset granitisk bjergart og er derfor en orthognejs. Den har en tydelig lineation og en svagt udviklet foliation.

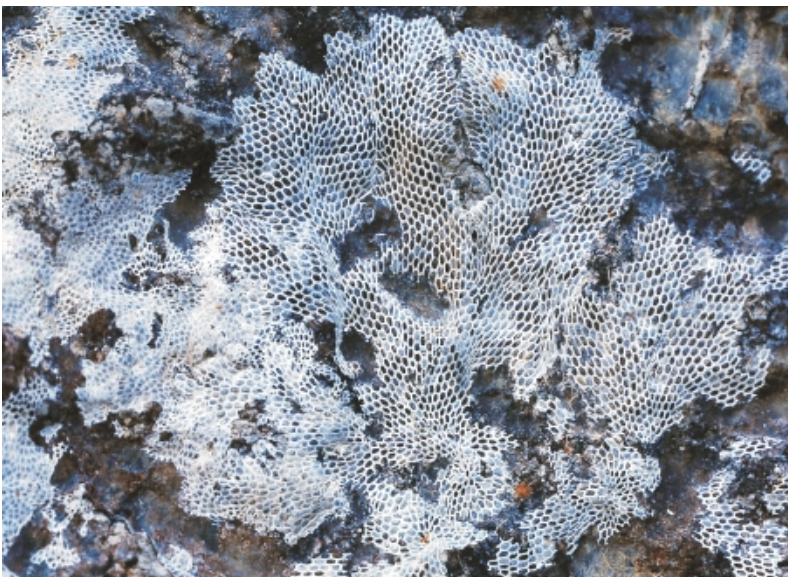
Nogle få, ca. 3 cm brede, lyserøde pegmatitårer skærer igennem stenen parallelt med foliationen. Når lyset falder rigtigt, bliver det reflekteret fra spaltefladerne af nogle 1 cm store krystaller af mineralet mikroklin (kalifeldspat). Disse flader kan optræde todelte, hvilket skyldes tvillingdannelse i krystallerne, de såkaldte Carlsbad tvillinger.

En petrografisk beskrivelse af vandrebløkkene.

Det er ikke hver dag der bliver lavet en detaljeret petrografisk beskrivelse af en vandreblok.

Men da "Skåne" og "Sjælland" er noget særligt, blev det besluttet, at gå i dybden og udføre en systematisk, petrografisk beskrivelse med bestemmelse af de mineraler, der findes i blokkene, samt foretage en klassifikation af blokkene som bjergartstyper.

En petrografisk beskrivelse udføres med mikroskop ved hjælp af de såkaldte "tyndslib"; disse laves ved først at skære en tynd skive - 3 til 4 mm i tykkelse - af bjergarten; Skiverne limes derefter på præparatglas, og deres frie side skæres og slibes yderli-



En stor del af overfladen på "Skåne" er dækket af et kniplingagtigt hvidt netværk, som er kalkskelettet efter beboelseskamre for mosdyr, de såkaldte bryozoaer (*Membranipora* sp.). De enkelte kamre er ca. 1 mm store. Kolonierne af de små havdyr levede på overfladen af blokken, da den lå som et undersøisk skær med en højde på op til 3 m over havbunden. Foto: Peter Warna-Moors.

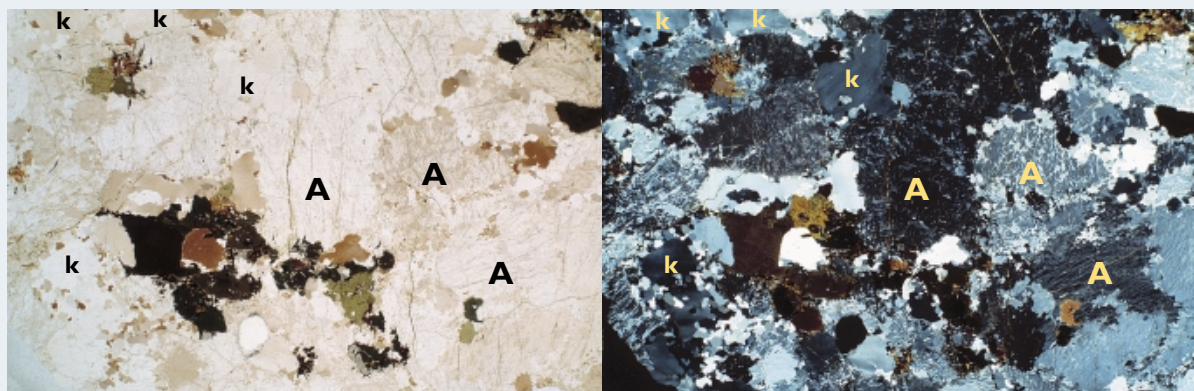
gere ned til en tykkelse på 0.03 mm. Herefter kan man ved hjælp af mikroskopiering med gennemfaldende lys bestemme typen af mineralerne i bjergarten, bestemme mineralernes indbyrdes vækstforhold og bedømme mængdeforholdet imellem dem.

I nærværende tilfælde blev skiverne skåret af borekernerne fra de to blokke. De fremstillede tyndslib viste, at blokkene har sam-

me oprindelse; de dannedes begge som granitter, en bjergartstype, der opstår ved størkning af stensmelter - også kaldet magmaer - dybt i jordskorpen. Senere blev de begge udsat for deformation og metamorfose. "Skåne" (se boks side 4) påvirkedes kun i ringe grad, således at den stadig ser ud som en magmabjergart, mens "Sjælland" (se boks side 6) ganske radikalt ændredes gennem strækning, således at den nu

Fortsættes side 5

"SKÅNE"



Tyndslidsbillede af alkalifeldspat granitten "Skåne". Det samme motiv ses til venstre optaget i almindeligt gennemfaldende lys og til højre i polariseret lys. De dominerende store korn, som ses "spættede" og lys grå til meget mørk grå til højre (i polariseret lys) og farveløse til venstre (i almindeligt gennemfaldende lys) er alkalifeldspat (A) med perthitstruktur. De mere jævntfarvede, men tilsvarende hvidgrå til meget mørke grå korn til højre, er kvarts (k). Billedets højde svarer til ca. 14 mm.

Ud fra mineralsammensætningen og mineralernes indbyrdes vækstforhold kan "Skåne" klassificeres som en "amfibol alkalifeldspat granit".

Granitten er lettere overpræget af en kombination af svag deformation og let metamorf omdannelse, dog ikke i en grad, der er stærk nok til at udvikle foliation. På grund af denne overprægning kan granitten teknisk set også kaldes en "meta-granit".

Mineralogi og tekstur:

Hovedminerallerne i bjergarten er **alkalifeldspat** (65 %), **kvarts** (24 %), **plagioklas** (5 %), **amfibol** (4 %) og **biotit** (1 %). Mineraller som forekommer i mængder mindre end 1 % er **zircon**, **apatit**, den radioaktive epidot **allanit**, opake **malmmineraller** og **granat**. Der er også en mindre forekomst af uidentificerede, brunlige mineraler.

"Skåne" har en hypidiomorf- til xenomorf-granulær tekstur, hvilket er en almindeligt optrædende tekstur i granitiske bjergarter. Udtrykket "hypidiomorf- til xenomorf" henviser til, at hovedminerallerne for det meste ikke er udviklet med tydelige krystallflader, men støder op mod hinanden langs mere eller mindre buede og bugtede flader. Dette gælder for amfibol, plagioklas og alkalifeldspat. Kvarts udfylder hulrum mellem disse mineraler. Udtrykket "granulær" hentyder til, at de fleste af mineralkornene er nogenlunde ligesidede og ikke er f.eks. udpræget aflange eller flade.

Det dominerende mineral i bjergarten er alkalifeldspat, der forekommer som 3 til 15 mm store korn, og bjergarten kan derfor betegnes som mellem- til grovkornet.

Bjergartens farve, som den ses på friske brudflader, domineres af alkalifeldspattens mørke, grønliggrå kulør sammen med den sorte amfibol. Kvartsen kan enten være farveløs og gennemskinnelig, eller mælkehvid og uigennemsigtig.

Deformation:

Der er en del strukturer i "Skåne", som alle kan henføres til deformation og efterfølgende metamorf heling.

Mineraler som alkalifeldspat, plagioklas og amfibol er forholdsvis stive, og korn af disse optræder spredt i bjergarten med bøjede krystalgitre eller som knækkede korn. Den spænding (eller stress), som sådanne korn påtrykkes ved deformation, vil udløses ved omkrystallisation til spændingsfrie krystaller, såfremt der er varme nok tilstede. Dette skete delvist i "Skåne", hvor nogle korn af plagioklas og amfibol kan ses opdelt i mindre korn med krystalgitrene orienterede nogle få grader skævt i forhold til hinanden. "Afstresning" af alkalifeldspat skete i "Skåne" ved afblanding af feldspattens natriumfeldspatkomponent, der udkrystalliseredes som ganske små krystaller af natriumfeldspat albit. Sådanne krystalkorn kan bl.a. ses indordnet på linie, ofte i parallelle rækker gennem de magmatiske feldspatkrystaller, som markering af hvor disse krystaller bøjede eller revnede. På samme måde kan dannelsen af små årer og større, kantede partier af albit inde i alkalifeldspatkrystallerne formentlig tilskrives spændingsafslastningen. Sidstnævnte dannelser kaldes med en fællesbetegnelse "perthitstruktur", og den er særdeles almindelig i "Skånes" alkalifeldspat. Kvarts deformerer gerne mere plastisk i form af bøjning af krystalgitre og ved vandring af gitterbindinger langs foretrukne planer internt i krystallerne samtidig med at deformationen sker. Spændingsfyldt kvarts omkrystalliserer tillige forholdsvis villigt. I "Skåne" afspejler dette sig i at granittens kvartspartier gerne er sammensat af henholdsvis enkelte større krystaller og af aggregatdele bestående af mange små, spændingsfrie krystaller. De store krystaller kan være over 2 mm store, og de udgør de dele af granittens kvarts, som er gennemsigtig i håndstykke. Aggregaterne af de mange små krystaller udgør de mælkehvide partier.

fremstår som en metamorft omkrystalliseret, linieret gnejs.

En gennemgribende deformation som i "Sjælland" forekommer, hvor større forskydninger i jordskorpen finder sted; dette sker f.eks. i overskydningszonerne i forbindelse med bjergkædedannelser, hvor kilometertykke jordskorpestykker kan skubbes hen over hinanden. I zonerne, hvor selve bevægelsen sker, knuses og strækkes bjergarterne, og grovkornet materiale omdannes til finkornede gnejser kaldet mylonitgnejser, og det er meget sandsynligt, at "Sjælland" er dannet på netop denne måde.

Det geologiske "miljø", hvori de svagere omdannelser i "Skåne" har fundet sted, kan ikke bestemmes nærmere; men det er ikke usandsynligt, at også de er opstået på en eller anden måde i forbindelse med en bjergkædedannelse som fulgte efter selve granitdannelsen.

"Skåne" og "Sjælland" en gang Sverige – nu Danmark

"Skåne" og "Sjælland" hører ikke til blandt de typiske ledeblokke, dvs. blokke, som man entydigt kan føre tilbage til et bestemt oprindelsessted indenfor det skandinaviske grundfjeld, som istidens mægtige iskappe strakte sig ud fra.

Bjergartstyper som "Skåne" og "Sjælland" kan principielt findes inden for store dele af det krystallinske grundfjeld i det sydlige Sverige. Dette område er netop karakteriseret ved gamle magmatiske intrusioner og flere bjergkædedannelser for mellem 900 og 1900 millioner år siden. Tillige optræder i det sydvestlige Sverige adskillige større og mindre zoner af gnejser af stærkt deformerede bjergarter, zoner som antages at repræsentere overskydninger foregået i forbindelse med disse bjergkædedannelser. Begge blokke kan principielt komme fra dette område.

Den mest specielle af vandrebløkkene er "Skåne", som måske tilhører syenitprovinserne ved **Vaggeryd**. Det er kun få procent kvarts, som adskiller granitten fra at være en kvartssyenit, så denne type bjergart

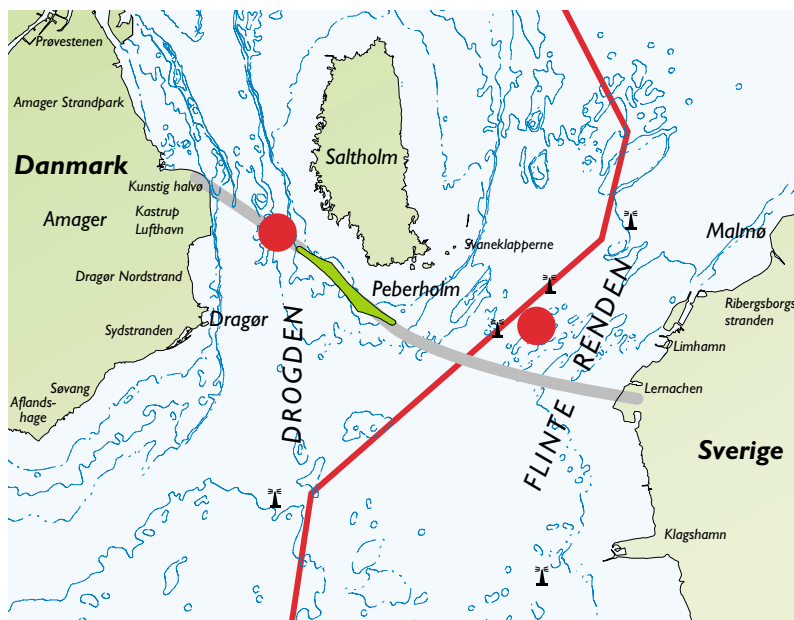


De to diamantborekerner fra henholdsvis "Sjælland" til venstre og "Skåne" til højre i billedet. Kernerne er ca. 10 cm i diameter. Foto: Peter Warna-Moors.

kunne udmærket tænkes at optræde inden for Vaggerydsyenitens bælte, som strækker sig nogle kilometer sydover fra bunden af **Vättern i Småland**.

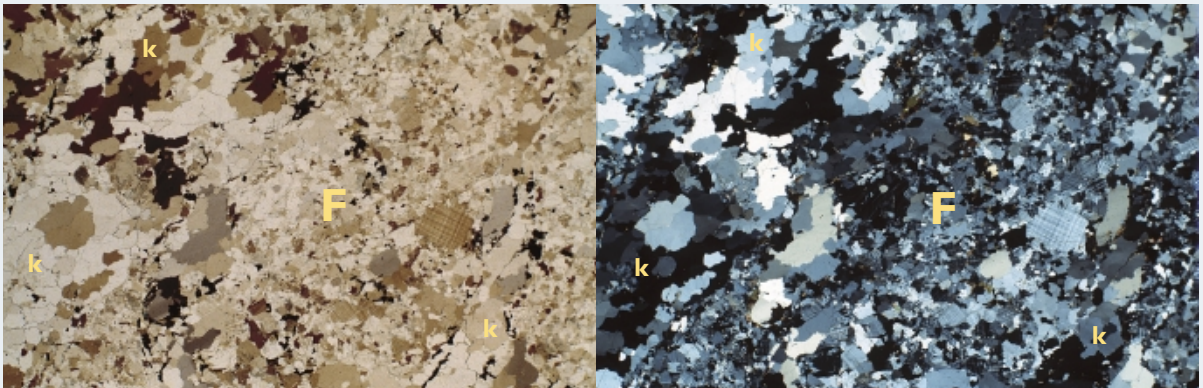
"Sjælland" derimod er en noget mere almindelig granitisk gnejs. Hvis man skulle pege på en mulig oprindelse kunne det blive **Spinkamåla** granitten ved **Karlshamn**. Blokkene må anses for at være kommet fra

Fortsættes side 7



Den tidligere placering af "Skåne" og "Sjælland" på bunden af Øresund er angivet med de røde prikker. "Skåne" blev påtruffet under entreprenørarbejdet i Dragør, hvorfra den under en del omstændelige transportbesværligheder blev bugseret ind til pynten ved Kastrup. "Sjælland" blev fisket op i Flinterenden lidt nord for broen.

"SJÆLLAND"



Tyndslidsbillede af orthognejsen "Sjælland". Det samme motiv ses til venstre optaget i almindeligt gennemfaldende lys og til højre i polariseret lys. Gnejsens lination ligger i billedet orienteret NNØ-SSV. Det store område i midten bestående af forholdsvis små korn er domineret af feldspat (F). En del af en større "kvartscigar" (k) optager motivets øverste, venstre del. Forneden til højre ses en mindre og tyndere "kvartscigar" (k), som er tydeligt fremhævet af små mørke korn (af biotit). Billedets højde svarer til ca. 14 mm

Bjergarten i denne blok var oprindeligt en magmatisk bjergart, nemlig en granit. Men i betragtning af hvor stærkt den er overpræget af deformation og metamorfose, som det bl.a. fremgår af den fremtrædende lination og foliation, må bjergarten klassificeres som en meta-granit eller allerbedst som en ortho-gnejs.

Mineralogi og tekstur:

Hovedminerallerne er **kalifeldspat (mikroklin)** (36 %), **kvarts** (34 %), **plagioklas** (25 %) og **biotit** (4 %). I mængde mindre end 1 % optræder tillige **muskovit**, **titanit**, **zircon**, **apatit**, **allanit**, **magnetit(?)**, **granat** og **flusspat**.

"Sjælland" er omdannet så kraftigt ved deformation og metamorfose, at de fleste af bjergartens oprindeligt magmatiske mineral-korn er helt eller delvist omkrystalliserede. Teksturen er xenoblastisk-granulær, som er almindeligt forekommende i gnejsjer.

Udtrykket "xenoblastisk" betyder at de metamorft voksede krystaller generelt optræder uden egne krystalflader. Betegnelsen "granulær" hentyder til, at mineralkornene er overvejende ligesidede.

Gnejsen består af områder med mikroklin og plagioklas adskilt fra områder med kvarts. Kvartsen danner linationen i bjergarten. Mikroklin og plagioklas dominerer og forekommer som korn i størrelser fra mindre end 0,1 mm til lidt over 1 mm. Dette betyder, at bjergarten kan beskrives som fin- til mellemkornet. Derudover optræder få og spredte korn af mikroklin, som er op til 5 mm store. I håndstykker på friske brudflader ses mikroklinen som lyserøde partier, mens kvarts og plagioklas giver bjergarten et overvejende gråt skær.

Deformation:

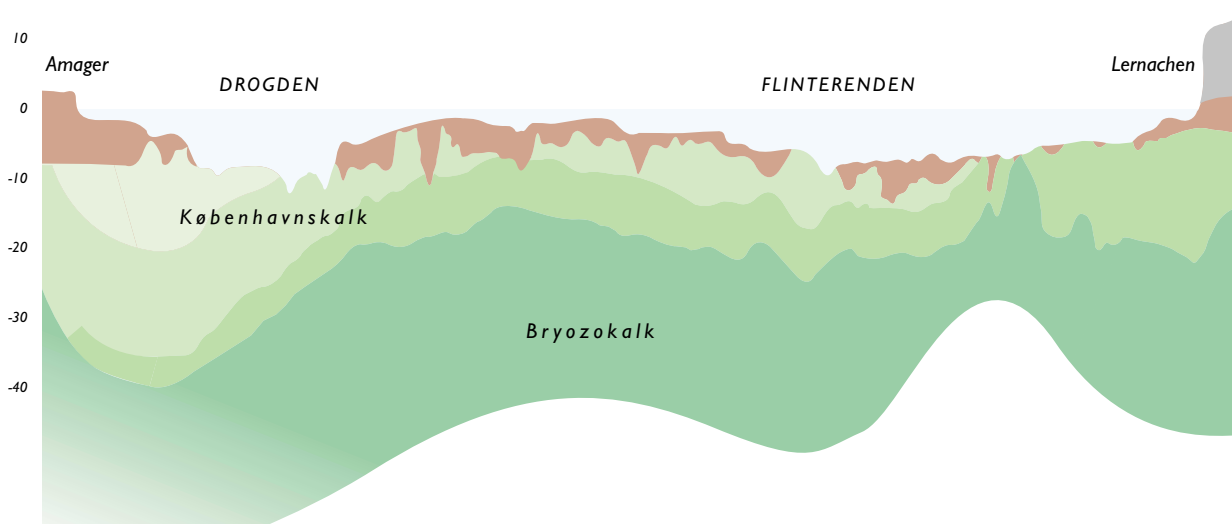
"Sjælland" indeholder forskellige textuelle elementer, som alle tyder på, at den er en granit udsat for stærk deformation i form af strækning.

Kvarts forekommer i langstrakte partier, der ligger som cigarformede stave parallelt orienterede igennem bjergarten. De danner således en lination i gnejsen. "Cigarerne" er op til 15 mm lange og har længde:breddeforhold op til 6:1. De er dannet ved, at granittens oprindelige partier af magmatisk kvarts er trukket stærkt ud i én retning under deformationsforhold, som betegnes "pure shear". Linationen er nem at se i håndstykke, fordi – som det fremgår af tyndslib – en væsentlig del af gnejsens biotit ligger som små, mørke korn langs ydersiden af "kvartscigarerne" og derved fremhæver disse.

Når kvartsen ser ud, som beskrevet, er det klart, at granittens andre bestanddele også må være deformerede. Men i modsætning til kvartsen, som deformeres fortrinsvis ved plastisk formændring (bøjning af krystalgitter og vandrang af gitterbindinger) og nemt omkrystalliserer, så bliver feldspat knust under en sådan omdannelse og splittes op i mindre korn.

I "Sjælland" ses feldspat generelt i mindre end 1 mm store korn, men et nærmere eftersyn viser at den oprindelige granits kornstørrelse har været større. Både mikroklin og plagioklas optræder i grupperinger bestående af mindre korn af enten den ene eller den anden feldspat. Disse mono-mineralske grupper repræsenterer højst sandsynligt større korn af feldspat, som ved knusning og efterfølgende omkrystallisation til endnu mindre korn har mistet deres præg af store, magmatiske enkeltkorn. Et bud på granittens oprindelige kornstørrelse kan fås fra de spredte – op til 5 mm store – "overlevende" mikroklinkorn, som antyder at den oprindelige granit formentlig har været grovkornet og mindst 5-10 mm i kornstørrelse. Denne vurdering vil passe med den størrelse, som granittens kvartspartier må have haft at dømme ud fra de linationsdannende kvarts-cigarers størrelse.

De enkelte mineralkorn i gnejsen bærer ikke længere præg af den stærke deformation, men er generelt omkrystalliserede til spændingsfrie korn.



et sted i det sydsvenske grundfjeld. Hvordan de er kommet til Øresund, ved vi ikke med sikkerhed; men de må være transporteret hertil af en isstrøm fra den skandinaviske iskappe i løbet af perioden for de mindst fire istider eller kuldeperioder, der er vist for har været i Skandinavien.

Blokkene blev oprindeligt fundet i den moræneler, som ligger over København Kalken ude på hver sin side af Saltholm. Denne moræneler blev afsat af isstrøm fra NØ. Det som vi i Danmark kalder "Nordøst fremstødet" eller det "Svenske Isfremstød" og som fandt sted for ca. 25.000 år siden.

Dette isfremstød nåede helt frem til Hovedopholdslinjen i Jylland, og smeltede siden rykvis tilbage til Øresundsregionen. Mens Skåne og resten af Sverige var konstant dækket af en iskappe, var isranden i den centrale og østlige del af Danmark under stadig frem og tilbagerykning. Under denne tilbagesmeltning afbrudt af fornyede fremstød blev blandt andet Vejrhøjbuerne i Ods Herred skabt, og istidslagene i den centrale del af Sjælland blev endeligt afsat og istidslandskabet udformet.

Først for omkring 13-14.000 år siden blev Øresundsregionen isfri og henlå derefter som et lavliggende landområde, der dannede en helt naturlig "fast" forbindelse til fastlandet i øst. Havstigningen for ca. 8.000 år siden (i Atlantikum) fik derefter havvan-

Förenklet kort over det baltiske grundfjeldsskjold, hvor det sandsynlige kildeområde for "Skåne" og "Sjælland" er indkredset. Pilen angiver en generel istransportretning for den "Svenske Is" i det sydlige Sverige under den sidste istids afsluttende fase for ca. 25.000 år siden. Modificeret fra "Berg och Jord", Sveriges Nationalatlas. SGU.

Geologisk tværprofil (18 km langt) gennem Øresund over Drogden og Flinterenden. Det øverste lag, som her er vist med brunt, består af den moræneler, hvori vandreblokkene i sin tid blev aflejret.

det til at oversvømme dette lave landområde mellem Skåne og Sjælland, og Øresund blev skabt.

Siden har havbundsstrømme mellem Østersøen og Kattegat medført udformning

gen af sejlrænderne Drogden og Flinterenden, hvorved de to store vandreblokke "Skåne" og "Sjælland" endeligt blev frilagt, og de henlå indtil for nylig som et par undersøiske skær på bunden af Øresund. 🌐

