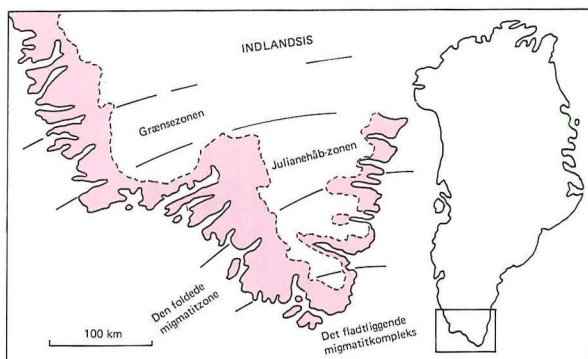


De Vestgrønlandske Ketilider

af Niels Westphal

Den Ketilidiske Bjergkæde udgør størstedelen af det prækambriske grundfjeld i Sydgrønland. Mod nord grænser den op til det Arkæiske Kraton, som er grundfjeldet i det centrale Grønland, og det er den vestlige del af denne grænse, der skal omtales i det følgende.



Figur 1. Det Ketilidiske bælte i Sydgrønland.

Ketiliderne er opstået i forbindelse med en bjergkædedannelse, som fandt sted for mellem 1700 og 1900 millioner år siden, hvor store mængder af granitiske bjergarter trængte frem. Da Grønlands Geologiske Undersøgelse i 1950'erne og 60'erne kortlagde området, anså man disse graniter for at være dannet ved opsmeltning af ældre bjergarter af arkæisk alder - det vil sige ældre end 2500 mil-

Kambrium	ca. 570 mill. år
Øvre Proterozoikum	ca. 900 mill. år
Mellem Proterozoikum	ca. 1600 mill. år
Nedre Proterozoikum	ca. 1700–1900 mill. år
Den Ketilidiske Bjergkæde dannes:	ca. 1700–1900 mill. år
	ca. 2500 mill. år
Arkæikum	ca. 3800 mill. år
Ældste kendte bjergarter	ca. 3800 mill. år

lioner år. Isotopundersøgelser i 1970'erne og 80'erne taler imidlertid for en anden oprindelse og en mere kompliceret udvikling, som tyder på, at pladetektoniske processer var aktive allerede i ældre Proterozoikum.

Den Ketilidiske Bjergkædes opbygning:

Den Ketilidiske Bjergkæde kan deles i fire zoner fra nord mod syd:

Grænsezonen omkring Ivigtut består primært af arkæiske gnejser og metamorfoserede sedimenter og vulkanitter samt proterozoiske overfladebjergarter og graniter.

Julianehåb-zonen er et ca. 100 km bredt bælte bestående af store legemer af graniter og granodioriter.

Den foldede migmatitzone er i nord domineret af stærkt deformerede gnejser og migmatiter med intrusioner af graniter og granodioriter. I den sydlige del er der vidt udbredte overfladebjergarter, som er kraftigt metamorfoserede og ligeledes med intrusioner af graniter og granodioriter.

Det fladtliggende migmatitkompleks mod syd adskiller sig kun fra den foldede migmatitzone ved at have vandrette strukturer. Komplekset er intruderet af en paddehat-formet rapakivigranit. (Rapakivitekstur er omtalt på bagsiden af Varv 1990, nr. 2).

De Ketilidiske Graniters oprindelse

I alle graniterne har man undersøgt isotopforholdene i bly (Pb), uran (U) og neodymium (Nd). De tre graniter i Grænsezonen og Julianehåbsgraniten er til lige undersøgt for rubidium-strontium (Rb-Sr) isotopforholdet. Resultaterne af disse undersøgelser er vist i tabel 1.

Tabel 1. Resultater af isotopundersøgelser af en række udvalgte Ketilidiske graniter.

	Alder i mill. år		
	(Pb/Pb)	Y_1	E_{Nd}
1. Storø Granit	1705+300/-380	7,58±0,15	-5,8
2. Quiartorfik Granit	1560+300/-380	7,30±0,02	-6,1
3. Kærne Granit	1720+90/-95	7,19±0,06	-7,1
4. Julianehåb Granit	1895+110/-120	7,87±0,10	0
5. Gnejsisk Granit	1840+45/-45	7,95±0,04	0
6. Porfyrisk Granit	1774+35/-35	8,03±0,03	0
7. Mikroklin Granit	1715+180/-205	8,01±0,02	0
8. Rapakivi Granit	2020+490/-730	7,98±0,19	0
	(Rb/Sr)		
1. Storø Granit	1835	145	
2. Quiartorfik Granit	1675	45	
3. Kærne Granit	1775	25	
4. Julianehåb Granit	1776	37	

Pb/Pb: Aldre bestemt ved $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ og $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$.

Y_1 : udtryk for $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ (se boxen).

E_{Nd} : se boxen.

Rb/Sr: Aldre bestemt ved $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ og $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Hensigten med isotopundersøgelserne har været dels at bestemme bjergarternes aldre, og dels at afgøre, hvorvidt bjergarterne stammer fra et magma dannet i Jordens skorpe eller fra et magma dannet i kappen. Dette kan afgøres ved bestemmelse af bjergarternes Y_1 - og E_{Nd} -værdier. Hvad disse begreber dækker over, er forklaret i den blå box.

Y_1 : Udtrykker forholdet mellem isotoperne ^{238}U og ^{204}Pb . ^{238}U er radioaktiv og henfalder med tiden til ^{206}Pb . ^{204}Pb er stabil og bruges normalt som referenceisotop. Desuden henfalder ^{235}U til ^{207}Pb , og netop disse to radiogene (det vil sige dannet ved henfald af andre radioaktive isotoper) Pb-isotoper, som kan måles i en bjergart, lige som ^{204}Pb , anvendes ved beregningen af Y_1 .

Man kan så - når bjergartens alder kendes - beregne Y_1 -værdien på 'fødsels'-tidspunktet'. Denne værdi har stor betydning for bjergartens oprindelse.

E_{Nd} : Udtrykker forskellen mellem isotoperne ^{143}Nd og ^{144}Nd i bjergarten og den tilsvarende værdi for CHUR på bjergartens krystallisationstidspunkt. CHUR betyder Chondritic Uniform Reservoir, og dette bygger på, at Jordens Nd har udviklet sig i et homogent reservoir, hvis Sm/Nd forhold (Sm = samarium) svarer til det, der findes i chondritiske meteoriter.

En positiv E-værdi afspejler, at bjergarten er afledt fra restbjergarter i reservoir-et, efter at et magma tidligere var blevet fjernet, således at den oprindelige sammensætning allerede var ændret en gang.

En negativ E-værdi udtrykker, at bjergarten er afledt fra kilder med lavere Sm/Nd-forhold end CHUR. Det vil sige, at bjergarten må være mere eller mindre blandet med ældre bjergarter fra jordskorpen eller direkte afledt herfra.

Når $E = 0$, er Nd-isotopsammensætningen magen til CHUR, og bjergarten må være afledt direkte herfra. Når det i teksten er nævnt, at kappen i Proterozokium havde en E_{Nd} -værdi på ca. 4, så hænger det sammen med, at kappen tidligere havde udskilt magmaer, som var blevet fjernet, hvorved E-værdien blev ændret.

På grundlag af de aldersbestemmelser, som er givet i tabel 1, regner man nu med en omtrentlig alder på 1750 millioner år for de Ketilidiske graniter. Bjergarter, som er dannet i Jordens kappe for 1750 millioner år siden, har en E_{Nd} -værdi på mellem 4 og 5. Skorpebjergarter af arkæisk alder har E_{Nd} -værdier på mellem -9 og -13. Endelig har arkæiske bjergarter fra Jordens kappe Y_1 -værdier på 7,5-8 og proterozoiske kappebjergarter har Y_1 -værdier på omtrent 8. Y_1 -værdien aftager med tiden.

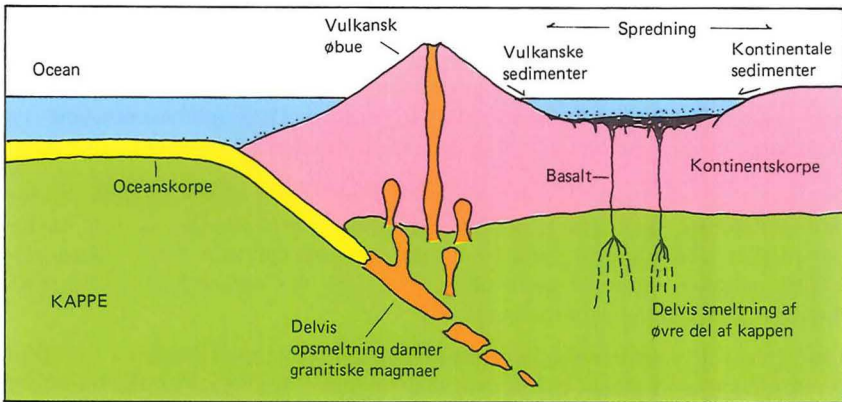
Graniterne i Grænsezonen (1-3) afviger fra graniterne syd herfor (4-6) ved at have lavere Y_1 -værdier og negative E_{Nd} -værdier. Sammenholder man disse resultater med de beregnede E_{Nd} - og Y_1 -værdier for henholdsvis skorpe og kappe for 1750 millioner år siden (se box), kan man udlede følgende:

Graniterne syd for Grænsezonen må være steget op fra Jordens kappe uden nævneværdig blanding med arkæisk kontinentalskorpe. Men arkæisk materiale har der alligevel været, idet en ren smelte fra Jordens kappe på daværende tidspunkt ville have haft en E_{Nd} -værdi på omtrent 4. Når den er 0, må det skyldes opblanding med 5–17% arkæisk materiale, der i omlejret form indgik i de tidlige Proterozoiske sedimenter.

Graniterne i Grænsezonen er indbyrdes forskellige, idet Kærnegraniten – med den laveste E_{Nd} -værdi – må bestå af opsmeltet arkæisk gnejs opblandet med en mindre mængde smelte fra kappen. Quiartorfik graniten består primært af kappeafledt smelte og opsmeltet arkæisk gnejs. Storø graniten – med den højeste E_{Nd} -værdi af de tre graniter – består primært af kappeafledt smelte samt lidt opsmeltet arkæisk gnejs.

Den Ketilidiske Bjergkæde i tektonisk sammenhæng

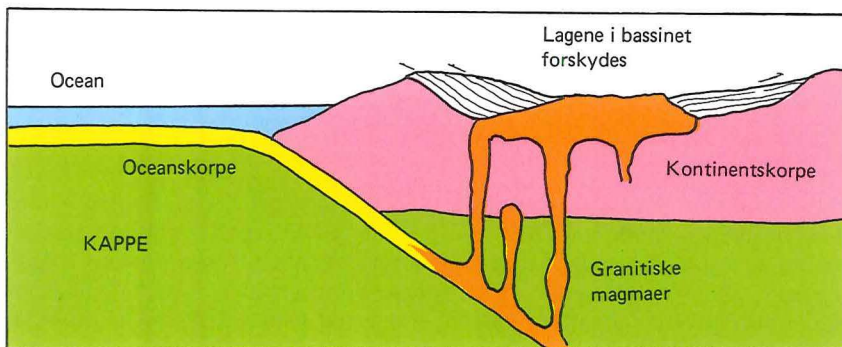
I det følgende omtales udviklingen i den vestlige del af Den Ketilidiske Bjergkæde. Fremstillingen bygger i det væsentligste på figurene 3, 4 og 5, samt på tilgængelige data fra området.



Figur 3. Principskitse for den tidlige udvikling i en subduktionszone. Oceanskorpen presses ned under kontinentalskorpen, hvor den smelter og stiger op.

I den ældste del af Proterozoikum blev det arkæiske kontinent i Centralgrønland udsat for nedbrydning ved forvitring og erosion. Det nedbrudte materiale blev skyllet ud i bassiner i Grænseland og Midternæs (to mindre områder øst og nordøst for Ivigtut) samt i oceanet sydøst for Ivigtut, hvor det blandt andet gav anledning til aflejring af de overfladebjergarter, der nu findes omkring Tasermiut, se fig. 5.

Mod slutningen af ældre Proterozoikum begyndte havbunden under oceanet at blive skubbet ned under kontinentet, og herved dannedes en vulkansk øbue. Bag denne opstod et bassin (se fig. 3), hvor store mængder pillow-lava strøm-



Figur 4. Principskitse for den sene udvikling i en subduktionszone. Der intruderer fortsat magmaer i skorpen, som nu er blevet tykkere. Sedimentsekvenserne fra bassinet bag øbuen løftes op og forskydes til siderne.

mede ud fra undersøiske vulkaner. Vulkanerne i den nydannede øbue udspyrede store mængder aske og grovere vulkansk materiale, som dels opbyggede øbuen og dels transporteredes ud i bassinet bag – og ud i oceanet foran øbuen.

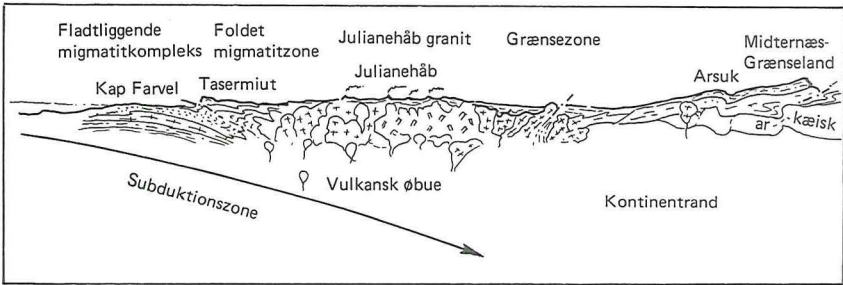
I bassinet aflejredes samtidigt sedimenter bestående af materiale, der blev skyllet ud fra det arkæiske kontinent. Den herved dannede lagserie af sedimentære bjergarter og vulkanske bjergarter ses i dag i Sortis Gruppen i Grønland- og Midternæs-områderne og i Arsuk Gruppen i Arsuk Ø-området.

Skorpen under oceanet blev fortsat skubbet ned under øbuen og dybt ind under kontinentet, hvor den smeltede og forårsagede fremtrængen af store mængder magma med granitisk sammensætning. I øbuen dannede dette magma Juliane-håb graniten og andre granitoider. Magmaet blev opblandet med lidt sedimentært materiale af oprindelig arkæisk alder.

Intrusionen af granitene ledsagedes af sammenpresning af lagserien i oceanet foran øbuen og i bassinet bag øbuen, så de sedimentære og vulkanske bjergarter fik den position, de har i dag i Midternæs-, Grønland- og Arsuk Ø-områderne samt ved Tarsermiut, se fig. 5. Til de tre førstnævnte områder tænkes bjergarterne skubbet frem langs overskydninger.

Arsuk Gruppen på Arsuk Ø og Sortis Gruppen i Grønland og Midternæs kan således tolkes som ofiolitiske sekvenser, det vil sige en bestemt serie af bjergarter, som man med sikkerhed ved udgjorde havbunden over en zone, hvor der trænger magma op fra kappen. Når man så finder disse serier ovenpå en tyk kontinental skorpe, som det nu er tilfældet, kan de ikke være dannet på stedet, men må være blevet skubbet op fra havbunden i forbindelse med en op- og overskydning af oceanskorpen, der dannedes i bassinet bag øbuen.

Intrusionen af det granitiske magma medførte en oceanværts tilvækst i skorpen



Figur 5. Udviklingen i det Ketilidiske område i Sydvestgrønland. Sammenlign med figur 4.

syd for det Arkæiske Kraton, og magma-masserne steg op fra Jordens kappe nord for øbuen. I den nordlige grænsezone intruderedes graniter, hvor det kappefledte magma blev mere eller mindre opblandet med arkæisk sedimentært materiale, der sammen med oceanskorpen var blevet presset ned under kontinentet, se figur 4 og 5.

Undersøgelserne af isotopforholdene i de Ketilidiske graniter viser, at bjergarterne har en oprindelse, som man ikke umiddelbart kan spore ved kortlægning i felten, hvor graniterne ser ret ens ud. Forskellene mellem dem afsløres først, når man laver isotopundersøgelser i laboratoriet. Isotoperne har efterladt 'fingeraftryk' og afslører derved pladetektoniske begivenheder for millioner af år siden, begivenheder, som det ellers ikke ville være muligt at eftervise.



Figur 6. Lagdeling i Julianehåb graniten. Foto: D. Bridgwater.