

En geokronologisk og geokemisk undersøgelse af Karlshamngraniten, Sverige

NIELS SPRINGER



Springer, N.: En geokronologisk og geokemisk undersøgelse af Karlshamngraniten, Sverige. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1979*, side 79–83. København, 18. januar 1980.

Detailed field work in the eastern part of the Karlshamn granite shows that it was emplaced by piecemeal stoping into an amphibolite facies gneissic terrain. Evidence is presented that the granite magma had a high viscosity and contained variable, high amounts of solid material.

The granite is inhomogeneous and ranges from quartz monzodiorite to monzogranite in composition. On petrologic and geochemical criteria the main granite can be divided in two cogenetic and coeval plutons. A Rb–Sr whole-rock isochron age of 1422 ± 31 ma (2σ) was obtained for the Karlshamn granite.

Two small cross-cutting plutons of a red leucogranite occur within the main pluton. This leucogranite is thought to be derived by partial melting of the Karlshamn granite, and has yielded a slightly younger age of 1358 ± 24 Ma (2σ).

It is suggested that the Karlshamn granite originated by partial melting of crustal material with a low initial Sr isotope ratio. Since the emplacement in the middle proterozoic, the region has been subjected to a slow uplift, the total amount of which must be less than 20 km.

Niels Springer, Institut for Petrologi, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. 27. September 1979.

Indledning

I den sydøstlige del af Sverige findes et udstrakt bælte af postorogene granitoide bjergarter, der sædvanligvis betegnes »Småland granitkomplekset« (Wiklander, 1974; Åberg, 1978). Komplekset er mod syd begrænset af bjergarter der traditionelt opfattes som ældre gnejser og graniter, formodentlig af svekofennisk alder (Wiklander, 1974). Disse bjergarter intruderer af flere større og mindre granitoide plutoner, heriblandt Karlshamngraniten.

Graniten er tidligere beskrevet i forbindelse med Sveriges Geologiske Undersøgelser kartering i regionen i slutningen af 1800-tallet (Blomberg 1900, Hedström & Wiman, 1906), og en petrografisk beskrivelse er senere givet af Norin (1936, 1957). Habetha (1936) og Larsson (1954) har udført strukturelle undersøgelser på Karlshamngraniten.

En radiometrisk datering af graniten er ikke foretaget tidligere, men en K–Ar datering (Magnusson, 1960) på biotit fra Eringsbodagraniten, der tidsmæssigt korreleres med Karlshamngraniten (Magnusson, 1958), gav en alder på 1365 Ma (mega annua). Alle aldersbestemmelser er omregnet i overensstemmelse med de ny henfaldskonstanter, publiceret af Steiger & Jäger (1977).

Endvidere har Welin & Blomqvist (1966) udført en U–Pb aldersbestemmelse på zirkon og uranit fra Penseryd-pegmatiten, der formodes at være dannet i forbindelse med Karlshamngranitens intrusion. Concordiaalderen 1395 Ma (Welin, 1980) antages derfor at være repræsentativ for graniten.

Den her præsenterede undersøgelse omfatter en Rb–Sr »whole-rock« datering af Karlshamngraniten, samt en geokemisk og petrologisk undersøgelse af et mindre område i den østlige del af plutonen (fig. 1).

Observationer

Karlshamngraniten er en grovkornet, lysegrå granitoid bjergart, der i felten er let genkendelig på de store røde xenomorfe mikroklin-megakryster, der ofte er deformerede. I tyndslib er iagttaget deformationsbetinget tekstur i mineralerne kvarts, mikroklin, plagioklas og biotit.

I forbindelse med prøvetagningen er der udført en kartering af den østlige del af plutonen, se fig. 1. Graniten har klare intrusive kontaktrelationer til sidestenen, der mod syd og øst er en kvarts-feldspatisk gnejs (Kystgnejs), og mod nord er granitoide bjergarter, der tidligere er betegnet Tvinggranitterne (Norin, 1936; Wiklander, 1974).

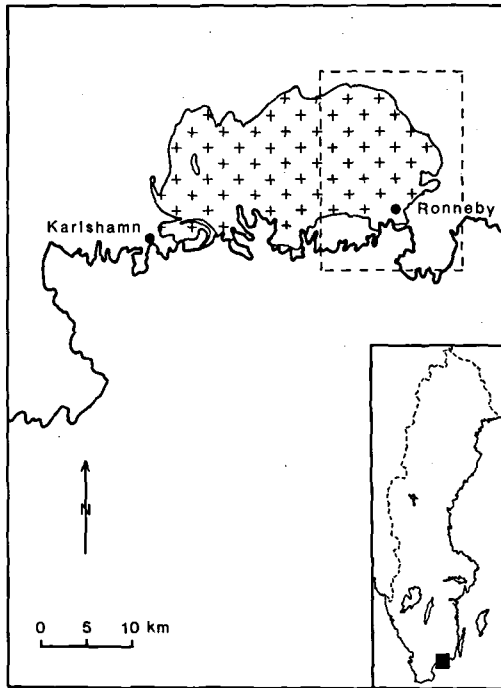


Fig. 1. Oversigtskort der viser placeringen af Karlshamngraniten. Den del af graniten der er karteret og prøvetaget er markeret med en ramme.

The location of the Karlshamn granite. The mapped and sampled area is outlined by a frame.

Mod syd er kontakten udviklet som en lit-par-lit zone, og mod øst ses især en migmatitisering af sidestenen. Der findes ingen afkølingskontakt mod sidestenen, ligesom en egentlig kontakt-aureole ikke er iagttaget. Mod nord og syd er der generelt konkordans mellem kontakten og foliationen i sidestenen. Strygningen er Ø-V med nordlig hældning, og småfoldernes akser dykker svagt mod V eller NNV. Strukturerne i sidestenen synes stort set at være uforstyrret af granitens intrusion. Mod øst er kontakten diskordant i forhold til foliationen i både granit og gnejs. Nærmest kontakten er strukturen i gnejsen forstyrret af graniten, og lokalt hælder foliationen ind mod graniten.

Gnejsxenolither, der ofte er deformerede, forekommer udbredt i Karlshamngraniten. Målinger på xenolitherne har vist en ret ensartet orientering overalt i graniten.

Ved Ronneby er der iagttaget to små diskordante granitplutoner i Karlshamngraniten. Bjerg-

arten er en rød leukogranit, der hovedsagelig består af kvarts, mikroklin og plagioklas. Pladeformet kvarts og mikroklin viser, at leukograniten lokalt er stærkt deformeret. Kontakten mod Karlshamngraniten er gradueret, og i den nordlige pluton er der i kontakten set basisk restitmateriale, der hovedsagelig består af biotit, titanit og magnetit.

Baseret på resultaterne fra den eksperimentelle magmatektonik (Ramberg, 1967, 1970) og nyere opfattelser af strukturer i granitoide bjergarter (Berger & Pitcher, 1970), konkluderes det, det, at Karlshamngraniten er intruderet som et højviskøst, formodentlig delvis krystallinsk magma. Intrusionsmekanismen antages at være en kombination af diapirisme og stykvis stoping. De deformerede xenolither og de diskordante kontaktrelationer mod øst viser, at viskositetskontrasten mellem granitmagma og sidesten har været ringe. De konkordante kontaktrelationer mod syd og nord, samt den ret ensartede orientering af gnejsxenolitherne, formodes at være et resultat af en syn- eller senkinematisk deformation af plutonen. Ifølge den terminologi, der anvendes af White et al. (1974), kan Karlshamngraniten klassificeres som en regional-aureole granit.

Petrologi og geokemi

Karlshamngraniten er en intermediær til sur, calc-alkalin pluton, hvis sammensætning varierer fra kvarts-monzodiorit over kvartsmonzonit til monzogranit (IUGS 1973). Graniten er intruderet i et amfibolitfacies miljø, som typisk findes i en dybde på 5–30 km i skorpen, svarende til et tryk på 2–10 kb. I det eksperimentelt bestemte system kvarts-albit-orthoklas-anorthit (Qz-Ab-Or-An), i det følgende blot betegnet granitsystemet, ved $P_{H_2O} = 5$ kb (Winkler et al., 1975, 1978), plotter graniten i plagioklasrummet og på den cotektiske flade mellem plagioklas- og alkalifeldspatrummene. Ingen prøver har en sammensætning der falder på den cotektiske linie. Andre overvejelser (Springer, 1979: 71–73) har ført til den konklusion at granitsystemet ved $P_{H_2O} = 3–5$ kb er den bedste tilnærmelse til faseforholdene i graniten. Placeringen i granitsystemet viser, at en gennemsnits Karlshamngranit har et relativt stort krystallisationsinterval. Da det må antages, at graniten er intruderet som et lavtemperatur magma, må magmaet have haft et betydeligt indhold af krystallinsk materiale, fortrins-

vis plagioklas samt størstedelen af den mafiske komponent, der udgør 10–15% af bjergarten.

Variationen i hoved- og sporelementsammensætningen og mineralindholdet har vist, at graniten kan opdeles i en østlig og en vestlig pluton. Der er tale om små variationer, og det antages at de to plutoner er cogenetiske. Det er vist (Springer, 1979), at forskellen mellem plutonerne kan forklares ved en 10–15% større anorthoklas fraktionering i den vestlige pluton.

De geokemiske variationsdiagrammer (Springer, 1979), feltigttagelserne og de petrografiske observationer (Leukograniten indeholder plagioklas-porfyrklaster med et anorthitindhold der svarer til plagioklasen i Karlshamngraniten) tyder på, at leukograniten er afledt fra Karlshamngraniten enten ved partiel opsmeltning eller fraktioneret krystallisation.

I granitsystemet ved 5 kb vanddamptryk er leukograniten imidlertid placeret i kvartsrummet, og det er derfor udelukket, at den kan være afledt fra Karlshamngraniten ved fraktioneret krystallisation eller partiel opsmeltning ved det nævnte tryk. Tilbage står kun den mulighed at leukograniten kan være dannet ved partiel opsmeltning af Karlshamngraniten ved et lavere tryk end 5 kb.

I granitsystemet ved $P_{H_2O} = 1$ kb (James & Hamilton, 1969) plotter leukograniten tæt ved den coteliktiske linie. Da der ifølge James & Hamilton (1969) ikke er stor forskel på granitsystemerne ved 1 og 2 kb, konkluderes det, at leukograniten kan være dannet ved partiel opsmeltning af Karlshamngraniten ved et vanddamptryk på omkring 1–2 kb.

Geokronologi

Karlshamngranitens alder er bestemt ved hjælp af Rb–Sr »whole-rock« isochron metoden. Granitens tekstur har gjort det nødvendigt at indsamle store prøver (11–25 kg) til dateringen. Der er indsamlet 9 prøver, hvis Rb og Sr indhold er bestemt ved henholdsvis isotopfortyndingsanalyse og røntgenfluorescensspektrometri. Da $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ forholdet tillige er bestemt på en serie »uspikede« prøver, er det muligt, at bestemme granitens alder på grundlag af to af hinanden uafhængige målinger. Da forskellen mellem de to resultater ligger inden for måleusikkerheden, er det besluttet at udføre en regressionsanalyse, hvor de to sæt målinger opfattes som en dobbeltbestemmelse. Resultatet er en alder for Karlshamngra-

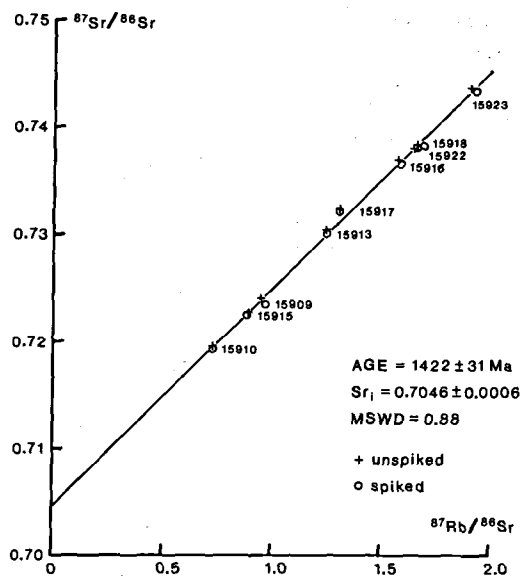


Fig. 2. Rb–Sr »whole-rock« isochronidiagram for Karlshamngraniten. Prøve nr. 15917, der er fra en leukokrater granitisk åre i kontaktzonen mellem granit og gnejs, er ikke medtaget i regressionsanalysen. Prøven har ikke været i isotopisk ligevægt med resten af graniten.

Henfaldskonstant: $1.42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$.

Rb–Sr whole-rock isochron diagram for the Karlshamn granite. Because of its marginal position in the contact zone between granite and gneiss, the sample no. 15917 has been excluded from the regression treatment. The sample has not been in isotopic equilibrium with the rest of the granite. Decay constant: $1.42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$.

niten på 1422 ± 31 Ma med et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ initialforhold på 0.7046 ± 0.0006 (fig. 2). Usikkerheden på alder og initialforhold er her og i det følgende angivet som et konfidensinterval på 2σ niveau.

Som tidligere nævnt er det muligt at opdele Karlshamngraniten i to plutoner på grundlag af kemiske og mineralogiske forskelle. Denne opdeling fremgår også af fig. 2, idet prøver fra den vestlige pluton har et $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ forhold der er større end 1.5, mens forholdet er mindre end 1.5 i den østlige pluton. Med henblik på at afsløre en eventuel alders- og isotopmæssig forskel mellem de to plutoner, er der udført en regressionsanalyse på hver af de to grupper af prøver. Der kan imidlertid ikke påvises en signifikant forskel mellem de to plutoners alder eller initialforhold, men det må bemærkes, at det lille antal prøver og den begrænsede spredning i Rb/Sr forholdet, gør det vanskeligt at afsløre mindre forskelle i alder og initialforhold. Med dette forbehold in mente

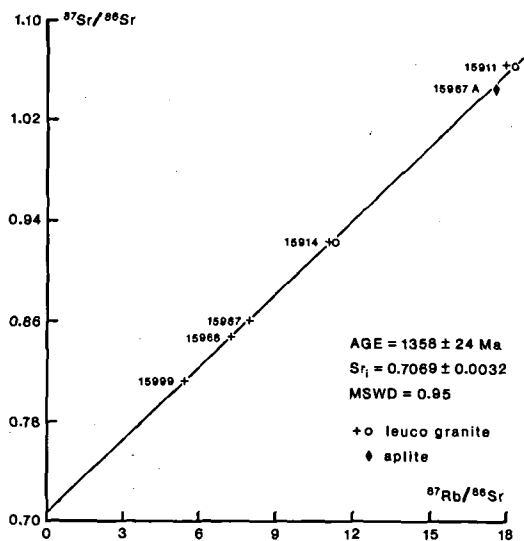


Fig. 3. Rb-Sr »whole-rock« isochrondiagram for leucograniten.

Rb-Sr whole-rock isochron diagram for the leucogranite.

må det antages, at de to plutoner har samme alder og er cogenetiske.

En aldersbestemmelse baseret på 6 prøver af leucograniten har givet en isochronalder på 1358 ± 24 Ma og et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ initialforhold på 0.7069 ± 0.0032 (fig. 3). Alderen er signifikant forskellig fra Karlshamngranitens alder, hvorimod der ikke er konstateret en signifikant forskel mellem leucogranitens initialforhold og $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ forholdet i Karlshamngraniten på det tidspunkt, hvor leucograniten blev dannet. Dette er i overensstemmelse med, at leucograniten sandsynligvis er dannet ved partiel opsmeltning af Karlshamngraniten.

Konklusion og diskussion

Granitiske magmaers genese er ikke ganske afklaret. Hanson (1978: 26) mener således, at granitoid bjergarter kan dannes ved partiel opsmeltning af kappen, basaltiske bjergarter, andre granitiske bjergarter, bjergarter af intermediær sammensætning og sedimentære bjergarter ved meget varierende tryk, vandindhold og temperatur. Wyllie et al. (1976: 1007) konkluderer derimod, at primære granitiske magmaer ikke kan være afledt fra kappen eller neddykket oceanskorpe. Vandundermættede granitiske magmaer dannes i skorpen som et resultat af regio-

nal-metamorfe processer. Nogle granitbatholiter modtager dog tilskud af materiale og varme fra kappen og neddykket oceanskorpe. Fyfe (1973) og White & Chappell (1977) argumenterer ligeledes for, at granitiske magmaer i almindelighed dannes i skorpen.

Det initiale $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ forhold for Karlshamngraniten er bestemt til 0.7046 (fig. 2). På det tidspunkt hvor graniten er dannet, ligger denne værdi lidt højere end det interval, der formodes at repræsentere bjergarterne i den øvre kappe (Faure & Powell 1972). Det antages derfor, at Karlshamngraniten er dannet ved partiel opsmeltning af skorpemateriale med et lavt $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ forhold, der formodentlig er ændret under granitens intrusion ved assimilation af stope-de gnejsxenolitter.

Som tidligere nævnt er Karlshamngraniten dannet ved et vanddamptryk på 3–5 kb, og leucograniten er dannet ved et tryk på ca. 1–2 kb. Dette svarer til en dybde på 11–17 km, henholdsvis 4–7 km i jordskorpen. Sammenlignet med orogene områder (se f.eks. Zwart 1967), er der her tale om en region, der har været udsat for en meget langsom hævnning.

Welin (1966) påpeger, at der er en klar tendens til, at de radiometriske aldre aftager fra nord mod syd inden for det svenske grundfjeldsområde. Wiklander (1974) og Larsen & Springer (1976) har påpeget, at isotopsystemerne i de blekingske bjergarter synes at være forstyrret, hvilket kan skyldes den udbredte yngre plutonisme. En alternativ mulighed er imidlertid, at den iagttagne aldersfordeling kan være et resultat af en langsom hævnning, og dermed en langsom afkøling af regionen, med en mod syd aftagende hævningsrate.

Dette arbejde er en kortfattet præsentation af en specialeopgave udført ved Institut for Petrologi. Jeg vil gerne takke lektorerne O. Larsen og C. K. Brooks, der har været mine vejledere. Jeg har tillige haft mange nyttige diskussioner med lektor J. Bailey og adjunkt S. Pedersen.

De instrumenter, der er benyttet ved denne undersøgelse, er bevilget af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd.

Litteratur

- Berger, A. R. & Pitcher, W. S. 1970: Structures in Granitic Rocks: A Commentary and a Critique on Granite Tectonics. *Proc. Geol. Ass.*, 81, 441–461.
Blomberg, A. 1900: Geologisk beskrifning öfver Blekinge län. *Sveriges Geol. Unders.*, Ser. Ca. 1.

- Faure, G. & Powell, J. L. 1972: *Strontium Isotope Geology*. Springer, 188 p.
- Fyfe, W. S. 1973: The generation of batholiths. *Tectonophysics*, 17 (3), 273–283.
- Habetha, E. 1936: Tektonische und gefügekundliche Untersuchungen am Karlshammer Granitmassiv. *Abh. Geol. Pal. Inst. Greifswald*, 16, 1–34.
- Hanson, G. N. 1978: The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. *Earth Planet. Sci. Letters*, 38, 26–43.
- Hedström, H. & Wiman, C. 1906: Beskrifning till blad 5. *Sveriges Geol. Unders.*, Ser. A1, a.
- IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks 1973: Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks, Recommendations. *N. Jb. Miner. Mh.*, H. 4, 149–164.
- James, R. S. & Hamilton, D. L. 1969: Phase Relations in the System $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 - \text{SiO}_2$ at 1 Kilobar Water Vapour Pressure. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 21, 111–141.
- Larsen, O. & Springer, N. 1976: Radiometrisk datering af granitoider i Blekinge og på Bornholm. I: »Abstracts«, XII Nordiska Geologvintermötet, Göteborg.
- Larsson, I. 1954: Structures and landscape in western Blekinge, southeast Sweden. *Lund Studies in Geography*, Ser. A, 7.
- Magnusson, N. H., Asklund, B., Kulling, O., Kautsky, G., Eklund, J., Larsson, W., Lundegårdh, P. H., Hjelmqvist, S., Gavelin, S. & Ödman, O. 1958: Karta över Sveriges Berggrund, skala 1 : 1,000,000, södra bladet. *Sveriges Geol. Unders.*, Ser. Ba, 16.
- Magnusson, N. H. 1960: Age determination of Swedish Precambrian Rocks. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, 82, 407–432.
- Norin, R. 1936: Contributions to the geology of western Blekinge. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, 58, 481–561.
- Norin, R. 1957: Some data concerning the mineralogy of the Karlshamn granite. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, 79, 35–42.
- Ramberg, H. 1967: *Gravity, Deformation and the Earth's Crust*. Academic Press, 205 p.
- Ramberg, H. 1970: Model studies in relation to intrusion of plutonic bodies. In: Mechanism of Igneous Intrusion, Eds. Newall & Rast. *Geol. J., Spec. Issue no. 2*, Gallery Press, 362 p.
- Springer, N. 1979: *En geochronologisk og geokemisk undersøgelse af Karlshamngraniten, Blekinge*. Upubliceret specialeopgave, Københavns Universitet, 125 p.
- Steiger, R. H. & Jäger, E. 1977: Subcommittee on Geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Letters*, 36 (3), 359–362.
- Welin, E. 1966: The absolute time scale and the classification of precambrian rocks in Sweden. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, 88, 29–33.
- Welin, E. & Blomqvist, G. 1966: Further age measurements on radioactive minerals from Sweden. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, 88, 3–18.
- Welin, E. 1980: *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, i trykken.
- White, A. J. R., Chappell, B. W. & Cleary, J. R. 1974: Geological Setting and Emplacement of some Australian Paleozoic Batholiths and Implications for Intrusive Mechanisms. *Pac. Geol.*, 8, 159–171.
- White, A. J. R. & Chappell, B. W. 1977: Ultrametamorphism and granitoid genesis. *Tectonophysics*, 43, 7–22.
- Wiklander, U. 1974: Precambrian petrology, geochemistry and age relations of northeastern Blekinge, southern Sweden. *Sveriges Geol. Unders.*, Ser. C, 704.
- Winkler, H. G. F., Boese, M. & Marcopoulos, T. 1975: Low temperature granitic melts. *N. Jb. Miner. Mh.*, H. 6, 245–268.
- Winkler, H. G. F. & Breitbart, R. 1978: New aspects of granitic magmas. *N. Jb. Miner. Mh.*, H. 10, 463–480.
- Wyllie, P. J., Huang, W. L., Stern, C. R. & Maaløe, S. 1976: Granitic magmas: possible and impossible sources, water contents, and crystallization sequences. *Can. J. Earth Sci.*, 13, 1007–1019.
- Zwart, H. J. 1967: Orogenesis and metamorphic facies series in Europe. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 17, 504–516.
- Åberg, G. 1978: Precambrian geochronology of south-eastern Sweden. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, 100, i trykken.