

Precambrische gesteenten in Rogaland (ZW-Noorwegen)

Excursie van de Werkgroep Optische Petrologie I naar enkele magmatische en metamorfe voorkomens

door Jan Langendoen (janfran@xs4all.nl) en Jack Lanting (jackmatt@telfort.nl)

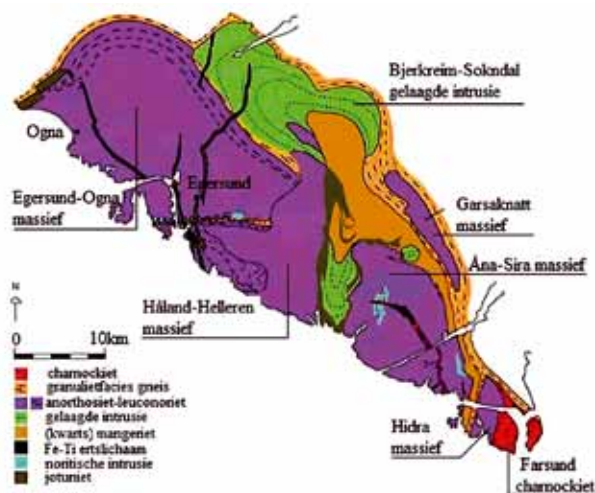
De GEA-Werkgroep Optische Petrologie I uit Utrecht heeft zich de afgelopen jaren intensief beziggehouden met de Precambrische gesteenten van Rogaland, met name in de omgeving van Egersund, ten zuidoosten van Stavanger. Onder leiding van petroloog Kees Majjer zijn de verschillende formaties onder de loep genomen: een (vrij ongewoon) magmatisch complex en de (eveneens vrij ongewone) metamorfe omhulling in Zuidwest-Noorwegen. Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in een excursie naar het gebied in juni 2010.

Magmatisch complex

Het – overwegend post-orogeen – magmatische complex omvat meerdere *anorthosietmassieven* en een *gelaagd intrusief-complex*. De anorthosietmassieven in Rogaland zijn vergelijkbaar met die in de Grenville Province (Zuidoost-Canada) en vormden daarmee één geheel toen Baltica, Laurentia en Amazonia tegen elkaar lagen.

In Rogaland worden vijf anorthosietmassieven onderscheiden (zie afb. 1):

- het Egersund-Ogna massief (EgOg);
- het Ana-Sira massief (AS);
- het Håland-Helleren massief (HH);
- het Hidra-massief;
- het Garsaknatt-massief.



Afb. 1. Overzicht van de Rogaland-anorthosietmassieven, Zuidwest-Noorwegen. (Uit: Magma Geopark - The Rogaland Anorthosite Province, 2008, bewerkt)

De anorthosieten bestaan uit slechts drie mineralen: plagioklaas (Pl), orthopyroxeen en ilmeniet. Deze variëren lokaal sterk in textuur, met name in korrelgrootte: van middenkorrelig tot zeer grofkorrelig, en in samenstelling: van anorthosiet (met meer dan

90% Pl) tot leuconriet (met Pl 70-90%).

De ouderdom van de massieven is ca. 930 miljoen jaar (U-Pb-datering, zirkoon) en de totale oppervlakte is ca. 1000 km².

De samenstelling van de plagioklaas is gewoonlijk An₄₂₋₅₅, maar plaatselijk tot An₇₀. Waar labradorisering voorkomt is de plagioklaas An₄₈₋₅₂. Grofkorrelige anorthosiet met labradoriserende plagioklaas wordt plaatselijk gewonnen voor het maken van onder andere tegels en aanrechtbladen (afb. 2).



Afb. 2. Anorthosiet uit de Dimension Stone Quarry te Hellvik met boorgaten voor de exploitatie. De labradorisering (het blauw oplichten van de plagioklaaskristallen) is goed te zien.

De orthopyroxeenkristallen kunnen een afmeting bereiken tot wel meer dan een meter. De bulksamenstelling van deze "giant" orthopyroxeen wijst op vorming bij een druk van ongeveer 12 kb, wat betekent dat zij gevormd zijn onder omstandigheden die heersen op meer dan 45 km diepte.

De randzone van de EgOg-anorthosiet is sterk vervormd onder invloed van tektoniek. Dit is goed zichtbaar in de foliatie van de plagioklaaskristallen en de uitgewalste orthopyroxeenkristallen. Deze foliatie ontstond tijdens het diapirisch opstijgen van het grotendeels vaste anorthosietlichaam.

De anorthosietmassieven zijn ontstaan uit een intrusie van een basisch magma op de grens van de korst en de mantel. Het magma is hier langzaam afgekoeld en gefractioneerd: de zware mineralen zakten naar beneden in de magmakamer en de lichtere stegen op. Deze lichtere mineralen (de plagioklaas) vormen diapieren van kristalrijk tot hoog in de korst. Het huidige oppervlak lag ten tijde van de intrusie op een diepte van 15-20 km. Kleine intrusies komen op meerdere plaatsen in de anorthosieten voor, waaronder een dolerietzwerm.

In economisch opzicht is vooral de intrusie van een ilmenietoriet in de Åna-Sira-anorthosiet van belang. Hier ligt de Tellnesmijn, waar met een productie van ca. 3 miljoen ton erts per jaar meer dan 800.000 ton ilmeniet (een titaanmineraal) wordt gewonnen.

De intrusietemperatuur van de anorthosiet wordt geschat op ca. 1200°C. Deze hoge temperatuur had als gevolg dat de omliggende gesteenten een (contact)metamorfose ondergingen die tot verscheidene kilometers in de omgeving van de intrusies waarneembaar is.

Gelaagd intrusief-complex

Naast de anorthosietmassieven bevat het magmatisch complex rond Egersund ook een gelaagd intrusief-complex: de gelaagde (en geplooid) intrusie van Bjerkreim-Sokndal (BkSk). Deze is ontstaan uit basische maar plagioklaasrijke magma's; het complex meet ca. 15 x 40 km, met een huidige oppervlakte van ca. 230 km². Dit complex is een van de best onderzochte gelaagde intrusies ter wereld.

Drie types gelaagdheid worden onderscheiden: ritmische ge-



Afb. 3. Uitzicht vanaf de Preikestolen, op 604 meter boven het Lysefjord.

laagdheid (door herhaalde intrusie), gegradieerde gelaagdheid (kleinschalig, donkere mineralen onder, lichte boven) en cryptische gelaagdheid (door fractionering: Mg-rijkere mineralen onder, Fe-rijke boven en Ca-rijkere plagioklaas onder en Na-rijkere boven). De laatste, sterkst gefractioneerde eenheden, bovenin de intrusie, neigen naar een granitisch/charnockitische samenstelling met orthoklaas, kwarts en Fe-rijke olivijn (= fayaliet).

Het Sjelset-complex

Het magmatische, granitisch/charnockitische Sjelset-complex van 6 x 9 km ligt ca. 10 km ten noordwesten van de EgOg-anorthosiet en 20-25 km ten zuiden van Stavanger. Het Sjelset-complex is een moeilijk in te delen complex. De Sjelset-biotietgraniet hoort zeker niet tot het magmatisch complex waartoe wel het eerder genoemde gelaagd intrusief-complex behoort. De Sjelset-charnockiet hoort daarentegen weer wél tot het gelaagd intrusief-complex. Men onderscheidt dus binnen dit complex:

1. Sjelset-biotietgraniet, die zowel een bruine Ti-rijke (3,5%TiO₂) biotiet van Sveconorwegische ouderdom (Rb-Sr: ~ 870 – 910 Ma) als een groene Ti-arme (1,0% TiO₂) biotiet van Caledonische ouderdom (Rb-Sr: ~ 400 Ma) bevat. De laatste biotiet ontstond hier uit veldspaat of chloriet en is dus niet magmatisch maar metamorf!

2. Sjelset-charnockiet, oorspronkelijk een Fe-rijke pigeonietaugiet-charnockiet met plagioklaas, perthitische orthoklaas, kwarts en hoornblende, die fractioneert naar een zeer Fe-rijke augiet-fayaliet-charnockiet. De oorspronkelijke pigeoniet (een Ca-arme hogetemperatuur-clinopyroxeen) werd bij dalende temperatuur omgezet in een orthopyroxeen met ca. 20% ontmengingslamellen.

De metamorfe omhulling van het magmatische complex

De hooggradige metamorfe omhulling is duidelijk poly-metamorf; tenminste drie stadia worden onderscheiden:

1. M1, de orogene Sveco-Norwegische metamorfose, beslaat heel Zuid-Noorwegen, gedateerd op 1000-1020 Ma;
2. M2, een overwegend statische HT-metamorfose, regionaal, gekoppeld aan de intrusie van het post-orogene magmatische complex, 930 Ma. De piek van de metamorfose ligt bij een druk van ~ 4 tot 5 kb en de temperatuur lag tussen 750° – 1000°C;
3. M3, tijdens de daarop volgende langzame afkoeling loopt een deel van de M2-mineraalreacties terug.

De metamorfe omhulling is typisch voor hooggradig Precambriësch gesteente: vaak migmatisch (door partiële opsmelting) en overwegend (massieve of gebande) granitische gneizen met inschakelingen en banden van meer basische gesteenten (basische intrusiva of amfibolieten) en lokale meta-sedimenten: vooral meta-pelieten (vaak granaat- en sillimaniethoudend), lokaal ook enkele marmers (forsteriet- en/of diopsiedhoudend), kalksilicaatgesteenten en

kwartsieten.

De piek van het tweede stadium van metamorfose (M2) vond plaats bij een T-gradiënt van ca. 750°C ver van het contact en van tenminste 1000°C nabij het contact met het magmatische complex. Dit is zichtbaar aan enkele (ongewone) metamorfe isograden, t.w. een orthopyroxeen-isograde (in leucogranitische gesteenten) op ca. 15 of meer km van het contact, een osumi-



Afb. 4. Diabaasgang in anorthosiet, omgeving Egersund.

liet-isograde (op minder dan 10 km van het contact) en een pigeoniet-isograde (op maximaal enkele kilometers van het contact).

Osumiliet is een kaliumhoudend, op cordieriet lijkend hogetemperatuur-mineraal ($T > 850^{\circ}\text{C}$); pigeoniet is een hogetemperatuur-pyroxeen ($T \sim 1000^{\circ}\text{C}$), hier voorkomend als 'omgezette pigeoniet'. De oorspronkelijke pigeoniet is bij afkoeling omgezet in orthopyroxeen met ca. 20% ontmengingslamellen.

Preikestolen

Een toeristisch intermezzo met een fantastische wandeling is de klim naar de Preikestolen. Dit rotsplateau (604 m boven het Lysefjord gelegen, ca. 25 km ten oosten van Stavanger) bood niet alleen adembenemende vergezichten, ook de klim ernaartoe benam de deelnemers de adem! De Preikestolen bestaat hoofdzakelijk uit gngneis en charnockiet met hier en daar een enkele amfiboolband (afb. 3).

Meer over de Rogaland-excursie

Het overzicht van de bezochte formaties, de aangedane

locaties en de stops staat op de website van Stichting GEA, met een directe link naar: www.gea-geologie.nl/informatie/tijdschrift/Gea/2011_04_excursie_rogaland.html

Dankzegging

Wij willen, ook namens de Werkgroep Optische Petrologie I in Utrecht, Kees Majjer en zijn partner Inke Groot hartelijk dank zeggen voor alle moeite die ze hebben gedaan om deze excursie te laten slagen. Niets was teveel. We hebben genoten. De auteurs willen Kees Majjer bedanken voor zijn inbreng in dit artikel.

Literatuur

- The geology of southernmost Norway. An excursion guide. Edited by C. Majjer and P. Padget, 1987
- Magma Geopark Norway: www.magmaopark.com



Afb. 5. Plakkaat van meer of minder gedeformeerde orthopyroxeen in anorthosiet in de randzone van de EgOg-anorthosiet in het Topdal.