

# Beschrijving van enkele dieptegesteenten

## Ultramafieten (16)

De UM bestaan voornamelijk uit ijzer- en magnesiummineralen met mogelijk wat chroom en calcium - vandaar hun overwegend donker uiterlijk. Er zijn geen of nauwelijks felsische mineralen.

Ze hebben vaak een granulaire (korrelachtige) structuur, vooral als olivijn overheerst. De hoofdmineralen zijn: **Olivijn** (vooral de magnesiumrijke forsteriet). Deze is in veel gevallen geserpentiniseerd, dwz. onder toevoeging van water omgezet in serpentijn, dat vaak groenig is en zacht, talkachtig aanvoelt. Olivijn kan als groene of bruinige korrels in het handstuk te zien zijn.

**Orthopyroxeen**, vooral Mg-houdend: enstatiet, met iets ijzer: bronziet. Het is vaak als metaalachtig glanzende, plaatvormige kristallen te zien.

**Clinopyroxeen**, meestal zwart, soms chroomhoudend en dan wel smaragdgroen. De magnesium-calciumrijke cpx is diopsied, de nog complexer gevormde augiet heeft behalve Mg en Ca ook o.a. nog ijzer. Deze zijn makroskopisch meestal niet en mikroskopisch heel moeilijk van elkaar te onderscheiden. Omdat de Mg- en Ca-rijke leden van de pyroxenen niet in alle verhoudingen mengbaar zijn, vertonen zowel de enstatiet/bronziet als de diopsied/augiet vaak ontmenging in de vorm van fijne lamellen. Dit zijn dus geen tweelingslamellen.

Bij de clinopyroxenen wordt deze vorm diallaag genoemd. In veel gevallen is ook **amfibool** aanwezig: donker ogend in het gesteentebrok, in het slijpplaatje als groene of bruine hoornblende herkenbaar.

Voor de verhouding van olivijn, orthopyroxeen en clinopyroxeen is bepalend voor de verschillende ultramafieten, zie afb. 5. Hier volgen enkele voorbeelden:

**Peridotieten** bestaan voor 60 tot 100% uit olivijn, de overige mineralen zijn voornamelijk pyroxeen en/of amfibool. Zie voor de indeling afb. 5 en 6.

Duniet is een gesteente dat voor 90-100% uit olivijn is opgebouwd. De olivijnknollen die algemeen in de tuflagen van de Dreiser Weiher in de Eifel voorkomen worden vaak duniet genoemd.

Foto 1 en de voorplaat geven delen van zo'n knol weer. Op de voorplaat zijn bij en in het schuinstaande olivijnkristal licht grijze enstatietkristallen te zien. Ook op veel andere plaatsen in het slijpplaatje komt enstatiet voor en verder iets clinopyroxeen, samen ver boven de 10%. Op grond van dit slijpplaatje moeten we het gesteente eerder harzburgiet noemen. Andere knollen bleken nog meer clinopyroxeen te bevatten, het zijn daarmee lherzolieten. Het blijkt, dat zelfs in één knol de samenstelling van plaats tot plaats kan verschillen en kan variëren van wehrliet, harzburgiet tot mogelijk duniet.

Daarom is **peridotietknol** wellicht de beste naam.

**Lherzoliet** bevat van 60 tot 90% olivijn, verder zowel clinopyroxeen als orthopyroxeen. Bij het Etang de Lers, omgeving Vicdessos, Ariège, Franse Pyreneeën, komt het typegesteente voor (foto A). Dit voorkomen wordt als mantelmateriaal beschouwd.

Het is waarschijnlijk in vaste toestand tijdens de Alpiene plooiing in het Krijt omhooggekomen. De massieve donkere lherzoliet is duidelijk te onderscheiden van de lichte marmor waarin hij is binnengedrongen. Veel kristallen vertonen bij gekruiste nicols in het slijpplaatje een golvende uitdoving, die aantoont, dat deze kristallen gebogen zijn. Dit getuigt van een turbulente voorgeschiedenis. De mineraalinhoud is voor de helft olivijn, verder enstatiet (opx) en chroomdiopsied (cpx). Chroomhoudende spinel (picotiet), hoornblende en wat erts zijn accessoria.

Het is een middelkorrelig, zwaar gesteente, waarin makroskopisch vooral de heldergroene chroomdiopsied opvalt. De olivijn is olijfgroen, de vaak grote enstatietkristallen lichten metaalglanzend op, de picotiet is diepzwart. Op het verweringsoppervlak is de olivijn helderoranje. foto 21.

**Harzburgiet**. Vaak zijn olivijnrijke gesteenten geheel of gedeeltelijk omgezet in serpentijngesteenten. Ze vertonen dan vaak groenige of bruinige adertjes en voelen zacht aan. Bekend zijn de mooie serpentijngesteenten van het schiereiland Lizard, Zuid-Cornwall, Eng. De vele serpentijnadertjes en resten van olivijn- en orthopyroxeenkristallen in talloze tinten van groen, bruin en rood doen de gesteenten lijken op een hagedisshuid. Vandaar ook de naam van het schiereiland (lizard = hagedis).

Bij Kennack Sands aan de O-kant van Lizard komt nabij het strand een zwarte peridotiet voor, waarin lichte, metaalglanzende kristallen van enstatiet of bastiet (= omzettingproduct van enstatiet in serpentijn) oplichten. Een slijpplaatje (foto 22) laat zien, dat ook dit ogenschijnlijk zo solide gesteente sterk geserpentiniseerd is en ook wat gedeformeerd - een schuifzone met veel serpentijn is in het midden te zien. De orthopyroxeen is duidelijk zichtbaar. Kleine ronde fragmenten van olivijn in de serpentijn zijn resten die van veel grotere olivijnkristallen zijn overgebleven. Er is wat donkerbruine xenomorfe spinel.

Ultrabasische gesteenten hebben doorgaans een sterk korrelige structuur. De bestanddelen hebben de neiging los te laten tijdens de laatste fase van de slijpplaatjesvervaardiging. Omdat we de keus hadden tussen een iets te dik plaatje of helemaal niets konden we geen ander resultaat verkrijgen dan foto 22 laat zien. Ook het slijpplaatje van foto 25 is eigenlijk iets te dik, de interferentiekleuren hadden wat lager (lichter geel) moeten zijn.

**Amfiboliet-peridotiet**. Wanneer in plaats van pyroxeen een amfibool als hoofdbestanddeel naast olivijn voorkomt is dat in veel gevallen hoornblende, een van de leden van de amfiboolgroep. (Overweegt de hoornblende, dan is het gesteente een hoornblendiet). Hoornblende is een calcium-



foto A. Etang de Lers, Pyreneeën; Frankrijk.



foto C. Ardnamurchan, NW-Schotland. Deel van het zg. Ringcomplex 3 met op de achtergrond de "Great Eucrite".

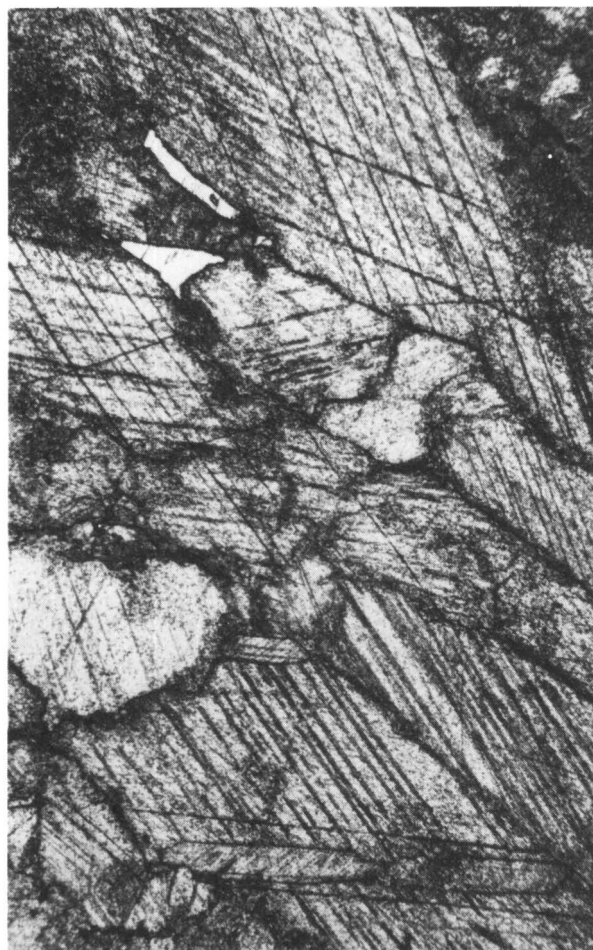


foto B. Carbonatiet, Schelingen, Kaiserstuhl, WDId. Slijpplaat, vergroting 40 x, // gepolariseerd licht. Mineralen: carbonaat (voornamelijk calciet) met tweelingslamellen en splijting, iets flogopiet (wit).

magnesium-ijzer-aluminiumsilikaat met ingewikkelde samenstelling, waarin ook nog wat natrium en kalium ingebouwd kunnen zijn. Amfibolen met in verhouding veel natrium en kalium zijn de zg. alkali-amfibolen, zij komen in verscheidene dieptegesteenten voor. Het zijn o.a. barkevikiet en kaersutiet, dat titaanhoudend is.

Een zeldzaam voorkomen van alkali-peridotiet ligt in de buurt van Lugar, Ayrshire, W-Schotland, een 100 à 200 m voor het plaatsje, links van de weg, als men vanuit het oosten nadert.

De gang bij Lugar steekt als een rug iets boven het land uit, hij bestaat uit onderverzadigde gabbro's. De alkali-peridotiet is daar weer als aders ingedrongen. Het middelkorrelige, donkere, wat paars aandoende gesteente wordt **lugariet** genoemd en bestaat uit geserpentiniseerde olivijn, een bruine alkali-amfibool, titaanaugiet en veel omzettingsproducten. (foto 23).

Het is moeilijk om van het gesteente verse stukken te bemachtigen.

(zie vervolg op pag. 17)

## Kleurenpagina 1

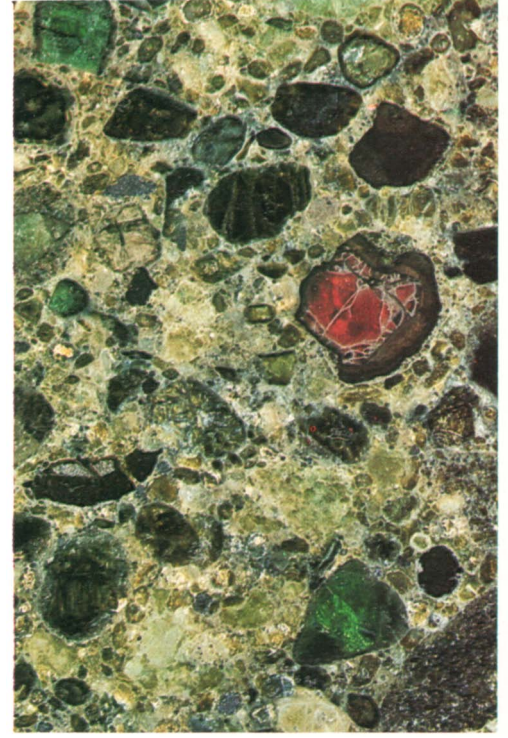
### bijschriften kleurenfoto's van gesteenten

1. **Peridotiet**, Dreiser Weiher, Eifel. Lichtgroen: olivijn; blauwgroen: chroom-pyroxeen; bruin: enstatiet. Voor slijpplaat: zie omslagfoto.
2. **Glimmer-peridotiet (kimberliet)**, breksie, Zuid-Afrika. Rood: granaat (pyroop); heldergroen: chroomdiopside. Verder: geserpentiniseerde olivijn-kristallen, flogopiet. Carbonaten, chloriet en talk als tussenmassa. Voor slijpplaat: foto 24.
3. **Orthopyroxeniet (enstatiet)**, Stiermarken, Oostenrijk. Samenstelling vrijwel geheel enstatiet. Slijpplaat: foto 25.
4. **Hyperstheen-olivijn-gabbro ("eucriet")**, Ardnamurchan, W-Schotland. Licht: plagioklaas; grijs, vaak wigvormig tussen de plagioklaas: augiet; bruin, rond: olivijn. Slijpplaat: foto 27.
5. **Troctoliet**, Aberdeenshire, Schotland. Licht: plagioklaas; goudachtig bruin-grijs: olivijn met serpentijn. Slijpplaat: foto 28.

Vergroting: 6,3 x



1



2

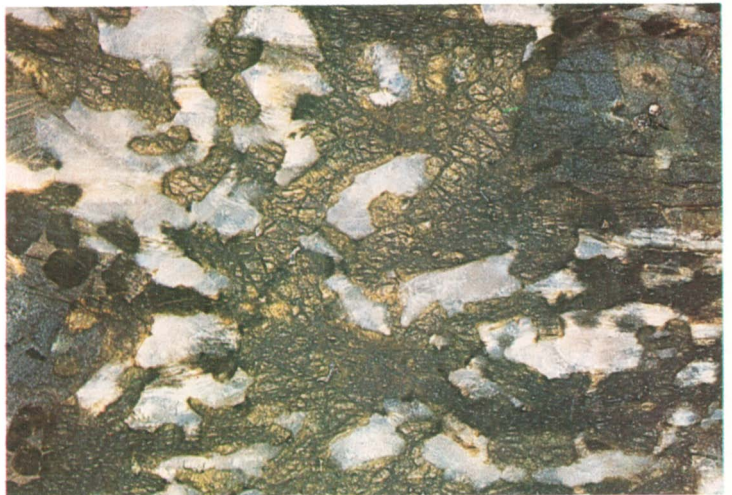


3

4

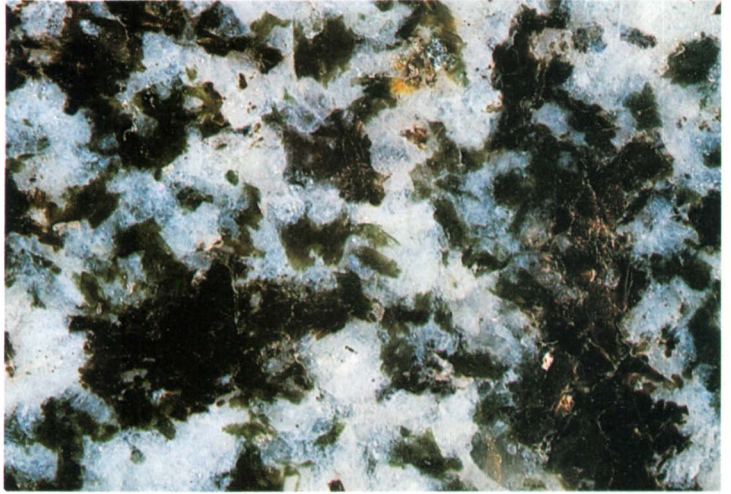


5

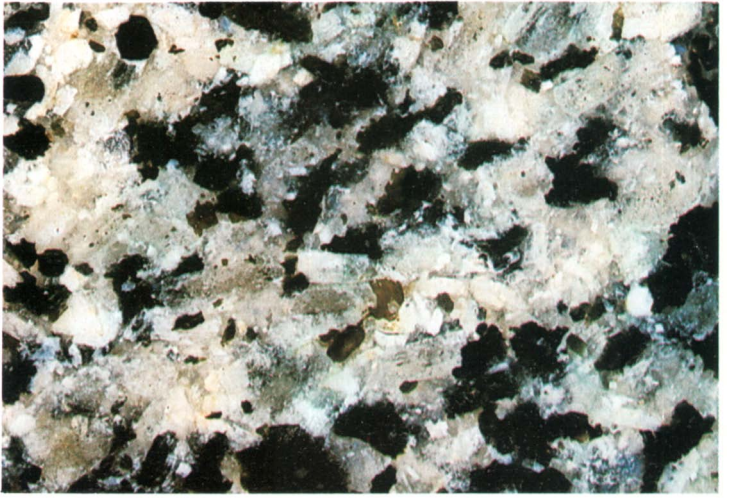




6



7



8



10



9

---

**Glimmer-peridotiet.** Soms komt in de peridotiet een glimmer naast de olivijn als hoofdbestanddeel voor. Dit is flogopiet, de magnesiumrijkere ijzerarmere equivalent van biotiet. Het gesteente is de bekende **kimberliet**, die zijn naam ontleent aan een gebied met vulkanische diamanthoudende pijpen in Zuid-Afrika. Het is van oorsprong een porfierisch gesteente, dat uit de mantel zal zijn gekomen, want de fysische omstandigheden waarbij diamant gevormd kan worden komen pas op zeer grote diepte voor.

De kimberliet is sterk gebreksieerd maar bevat nog de componenten die uit de diepte afkomstig zijn: olivijnkristallen, flogopiet, erts, granaat, chroomdiopsied en enstatiet, al of niet als xenoliet (uit nevengeesteente afkomstig bestanddeel).

Het gesteente is moeilijk te bemachtigen. Soms wordt het wel op mineralen-beurzen aangeboden met een diamant erop geplakt.

Wat het op de foto's 2 en 24 afgebeelde monster betreft: verscheidene van de genoemde mineralen komen erin voor. Ze hebben een reaktierand en worden omgeven door een carbonaatrijke tussenmassa.

---

## Kleurenpagina 2

### bijschriften kleurenfoto's van gesteenten

6. **Anorthosiet**, Rogaland, Noorwegen. Bruinig, grijsig of blauw oplichtend: plagioklaas; donkerbruin: hyperstheen. Slijpplaat: foto E.

7. **Dioriet**, Galicië, Spanje. Kleurloos: kwarts; wit: plagioklaas; bruinzwart: biotiet; groenzwart: hoornblendes. Slijpplaat: foto 30.

8. **Tonaliet**, Loch Doon-complex, ZW-Schotland. Kleurloos: kwarts; wit, rechthoekig: plagioklaas; diepzwart: biotiet; groen-grijszwart: hoornblendes. Slijpplaat: foto 31.

9. **Granodioriet**, Strontian-complex, W-Schotland. Kleurloos: kwarts; wit: veldspaat, veelal rechthoekig, met groeilijnen; zwart, zuilvormig: hoornblendes; eveneens donker: biotiet; geelbruine ruitvormige kristallen: titaniet. Slijpplaat: foto 32.

10. **Graniet (rapakivigraniet)**, ZO-Finland. Kwarts: ongeveer ronde kristallen, kleurloos tot bruin, grote maar ook kleine, vergroeid met de kaliveldspaat; veldspaat: grijsig en geel-rose; in het midden donker aggregaat van gedeeltelijk omgezette mafische mineralen en wat kwarts. Slijpplaat: foto F en G.

Vergroting: 6,3 x

**Orthopyroxeniet.** Voor UM met een pyroxeen als voornaamste bestanddeel is een ongeveer gelijksoortige reeks pyroxenieten samen te stellen als voor de peridotieten. Als voorbeeld voor een pyroxeniet kozen we de monominerale **enstatiet**, die bijna helemaal uit de opx enstatiet bestaat (foto 3 en 25). Een enkel cpx-kristal, wat amfibool (tremoliet) en wat spinel komen voor.

Makroskopisch is het een beige-grijs, grofkorrelig gesteente, waarvan de kristallen helder metaalglanzend oplichten. Het monster is afkomstig uit de groeve bij Chromwerk bij Kraubath aan de Mur, Stiermarken, Oostenrijk. Er wordt daar een gesteente geëxploiteerd waarin het spaarzaam voorkomt. De oorsprong moet weer zeer diep gezocht worden.

**Carbonatiet.** Een buitenbeentje tussen de dieptegesteenten, het bestaat hoofdzakelijk uit carbonaat: calciet en/of dolomiet. Accessoria kunnen zijn magnetiet, apatiet, flogopiet, zeldzame-aardemineralen. De oorsprong is zeker magmatisch, waarschijnlijk is het materiaal uit de mantel afkomstig. Er zijn ook carbonatietlava's bekend, deze komen voor in het grote slenkgebied in Oost-Afrika. Carbonatieten komen steeds voor in associatie met ultralkalische gesteenten (dit zijn de foidolieten van vak 15), en alkalische ultramafische gesteenten, alles dus sterk onderverzadigd, SiO<sub>2</sub>-arm. De gesteenten vormen dikes, trechtergangen of pijpen in ringcomplexen van foidgesteenten. In Europa zijn voorkomens bekend in het Fengebied bij Noorwegen, op het Zweedse eiland Alnö en, dichter bij huis, in de Kaiserstuhl (Bovenrijnse Laagvlakte). Daarvandaan is ook het afgebeelde monster afkomstig (foto B).

Ten oosten van Schelingen liggen een aantal verlaten groeven in de Orberg, waar het gesteente volop te vinden is. Ook is er een groeve aan de zuidkant van de Badberg, tussen Oberbergen en Vogtsburg, aan een weg parallel aan de hoofdweg.

Het handstuk is middel- tot grofkorrelig, licht van kleur, bijna wit en lijkt veel op marmer. Ook in het slijpplaatje lijkt het veel op marmer, de accessorische mineralen geven wel een andere indicatie.

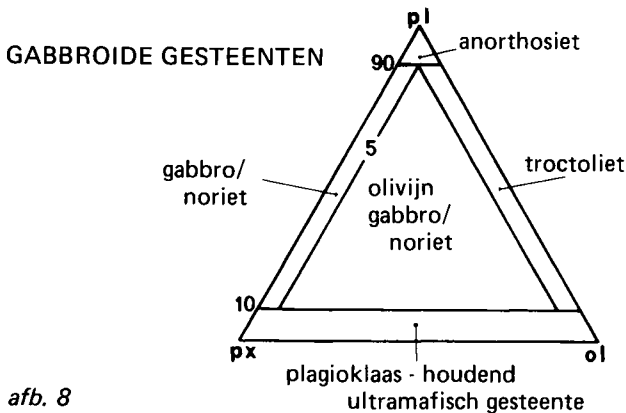
## Dieptegesteenten met lichte bestanddelen

Wanneer de meest voorkomende ultramafieten, de peridotieten en de pyroxenieten, een hoeveelheid felsische bestanddelen hebben, zijn ze een overgang naar de gabbroïde gesteenten van vak 10 in het klassifikatiediagram. Daarom zullen we deze eens nader bekijken. De onderverzadigde gesteenten blijven hier even buiten beschouwing, die komen later aan de beurt.

## Gabbro (10)

Gabbroïde dieptegesteenten bestaan voornamelijk uit plagioklaas en pyroxeen of andere ijzer/magnesiummineralen. De plagioklaas is een labradoriet of een bytowniet. Het An-gehalte is daarmee hoger dan 50. Bij een An-gehalte lager dan 50 is het gesteente een dioriet.

De gemiddelde kleurindex is ongeveer 47, maar mag volgens de definitie variëren van 10 tot 90. Boven de 90 is het een ultramafisch gesteente, onder de 10 is het een anorthosiet (zie aldaar). De indeling van gabbroïde gesteenten is gegeven in afb. 8.



Is de samenstelling plagioklaas + clinopyroxeen (augiet), dan is het gesteente zonder meer een gabbro. Is er plagioklaas + orthopyroxeen (enstatiet of hyperstheen), dan noemt men het een noriet; met plagioklaas + olivijn is het een troctoliet. Daartussen zijn allerlei variaties mogelijk, bijv. augiet-noriet. Ook kan in een gabbro amfibool voorkomen, deze is meestal hoornblende. Gabbro's zijn groftot middelkorrelig. Ze kunnen een granulaire structuur hebben, met ongeveer gelijkkorrelige kristallen. Maar ook zijn er, die een poikilitische of ofitische structuur bezitten, waarbij pyroxenen de plagioklaaskristallen geheel of gedeeltelijk omsluiten (foto 26).

Er zijn grote intrusielichamen van gabbro bekend, er bestaan ook kleine.

Onze voorbeelden van gabbroïde gesteenten komen uit Schotland.

“Eucriet” is een nogal omstreden benaming voor een leukokrate (= lichte) gabbro met hoog anorthietgehalte uit het “ringcomplex” van Ardnamurchan, een schiereiland aan de W-kant van Schotland (foto C). Het is een tamelijk grofkorrelig gesteente, met veel groenig-zwarte pyroxeen en nog meer witte plagioklaas (foto 4 en 27). Mikroskopisch gezien blijkt de plagioklaas een bytowniet, deze wordt vaak subofitisch omgeven door augiet. Er is tamelijk veel olivijn, die nog goed intact is. Orthopyroxeen en erts zijn er ook, verder nogal wat secundaire mineralen. Het is een olivijn-gabbro, eventueel een hyperstheen-olivijn-gabbro.

**Troctoliet**, dit is het gabbroïde dieptegesteente met plagioklaas en olivijn. Een bijzonder voorkomen hiervan wordt gevonden in de fameuze Bin Quarry in de omgeving van Huntly, Aberdeenshire, Schotland. De troctoliet is hier een uit een hele serie mafische, zelfs ultramafische gesteenten. Hij bestaat in de “ideale” vorm uit plagioklaas + olivijn, zonder pyroxeen. De “forellensteen” (troutstone) zoals hij ook genoemd wordt heeft in het handstuk grijze plagioklaasaggregaten, doorspekt met 2-3 mm grote olivijnkristallen, die veelal bruinig zijn door serpentinisatie. De omzetting in serpentijn ging met wateropname gepaard (er is nu bijna 7% water aanwezig). Dit

(zie vervolg op pag. 23)

### kleurenpagina 3 bijschriften kleurenfoto's van gesteenten

11. **Alkaliveldspaat-graniet (ekeriet), Oslogebied.** Kwarts: o.a. rechts midden en links boven, grijs; alkaliveldspaat: zalmkleurig; aggregaat van mafische mineralen: metaalachtig grijs; erts: Na-amfibool (arfvedsoniet): zwart. Slijpplaat: foto H en I.

12. **Alkaliveldspaat-graniet, Porto, Corsica.** Kleurloos: kwarts, zowel idiomorf als grafisch vergroeid; rose-achtig: alkaliveldspaat. Mafische mineralen omgezet.

13. **Alkaliveldspaat-graniet (toermalijn-graniet), Cornwall.** Kleurloos: kwarts; wit: kaliveldspaat; kleurloos-gelig: muskoviet; zwart: toermalijn; metaal-glanzend: erts, mogelijk molybdeniet. Slijpplaat: foto 35.

14. **Kwarts-alkaliveldspaat-syeniet (nordmarkiet), Oslogebied.** Enkele grote, verweerde alkaliveldspaten; andere alk. vsp. duidelijk perthitisch; iets kwarts als grafische vergroeiing met alk. vsp., interstitieel; mafisch: Na-amfibool en erts.

15. **Alkaliveldspaat-syeniet (pulaskiet), NW-Schotland.** Oranje: alkaliveldspaat; aan de randen van de alk. vsp.: albit; mafische mineralen zijn omgezet, ws. in limoniet.

Vergroting: 6,3 x

### kleurenpagina 4 bijschriften kleurenfoto's van gesteenten

16. **Analcie-gabbro (“crinanie”), Arran, Schotland.** Met enige moeite zijn te onderscheiden: wit, latvormig: plagioklaas; lichtgrijs tussen de plag.: analcien; bruine plekken: omzettingsprodukt om bruine olivijnkorrels; zwart: augiet; grijszwart, hoekig: ijzererts. Slijpplaat: foto 26.

17. **Nefelienhoudende monzodioriet (Oslo-essaxiet), Oslogebied.** Langgerekte plagioklaaskristallen; mafisch: bruinige korrels: olivijn; zwart: titaanaugiet; metaalgrijs: erts. Slijpplaat: foto 29.

18. **Monzoniet (larvikiet), omgeving Larvik, Z-Noorwegen.** Grijsblauwe veldspaatkristallen (combinatie plagioklaas-alkaliveldspaat); mafische mineralen in aggregaten. Slijpplaat: foto 36.

19. **Kwarts-monzoniet, Vogezen, Frankrijk.** Kwarts: kleurloos; veldspaten: wit; biotiet: bruinzwart; hoornblende: bruin. Slijpplaat: foto 33.

20. **Lamprofier (spessartiet), Assynt, NW-Schotland.** Zwart, zuilvormig: hoornblende, duidelijk idiomorf; wit-achtig: plagioklaas; lichtgroen: chloriet. Slijpplaat: foto 40.

Vergroting: 6,3 x



11



12



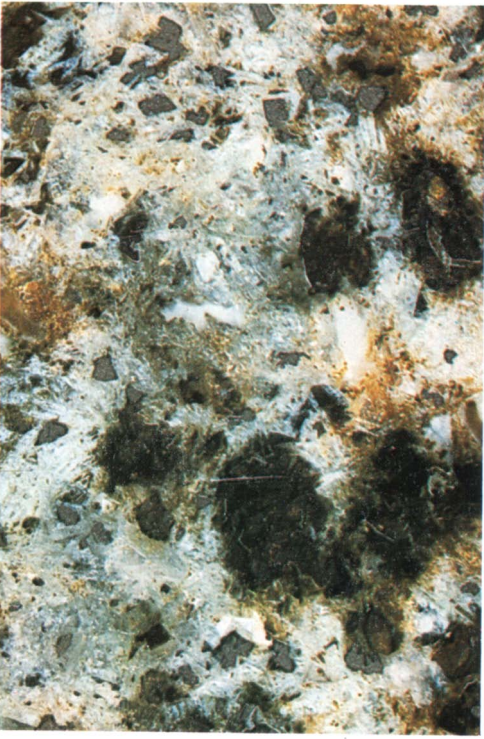
13



14



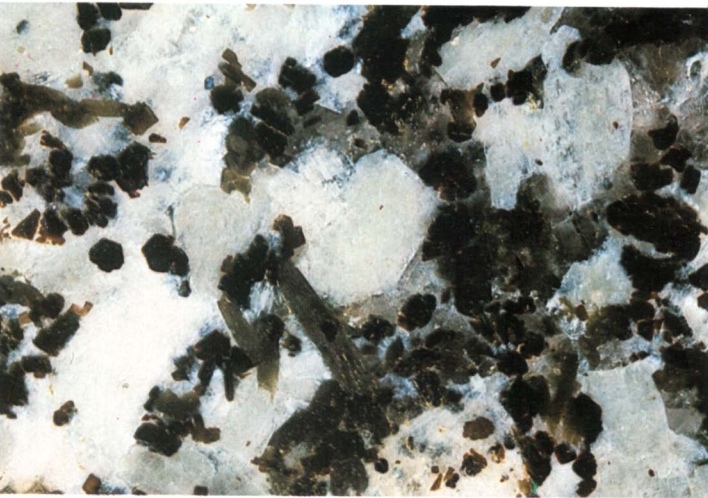
15



16



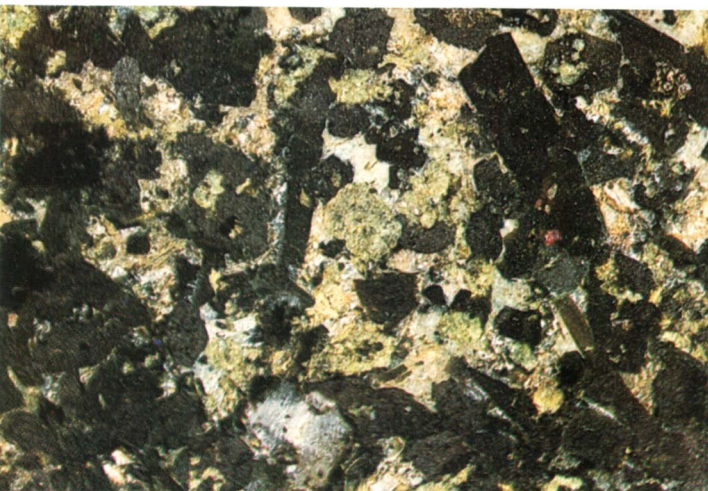
17



19

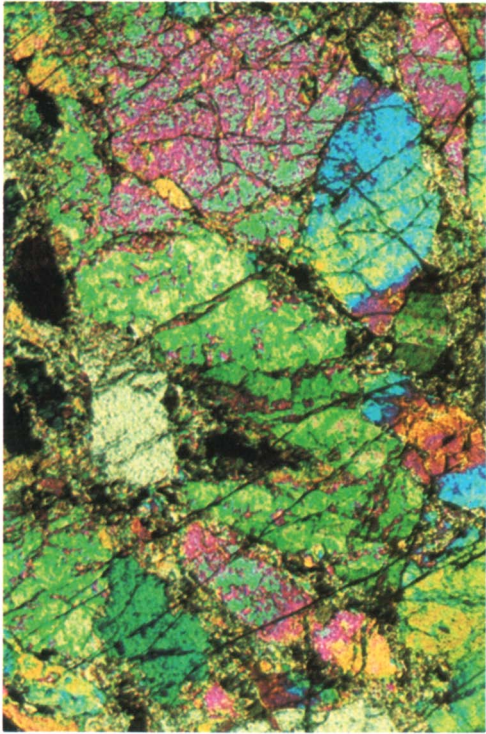


18

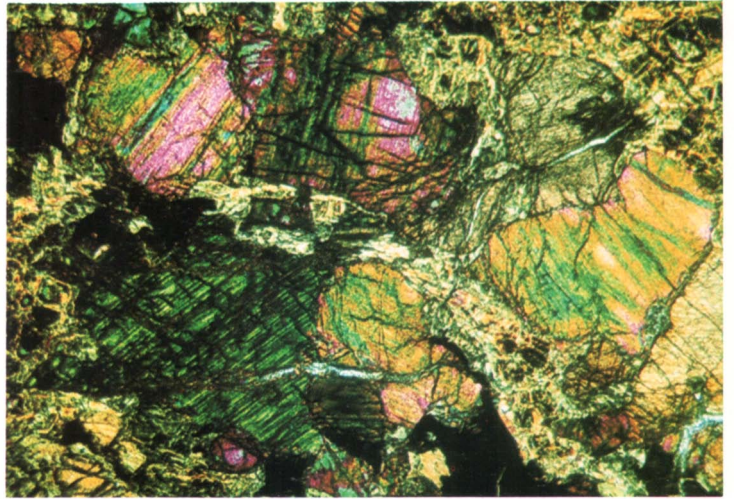


20

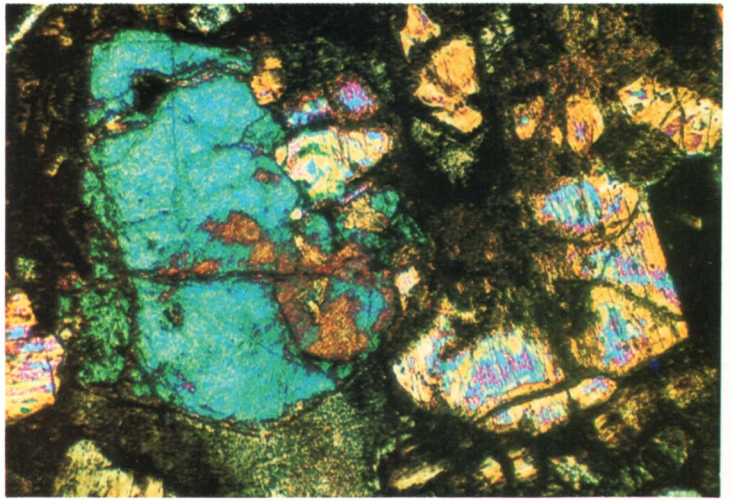




21



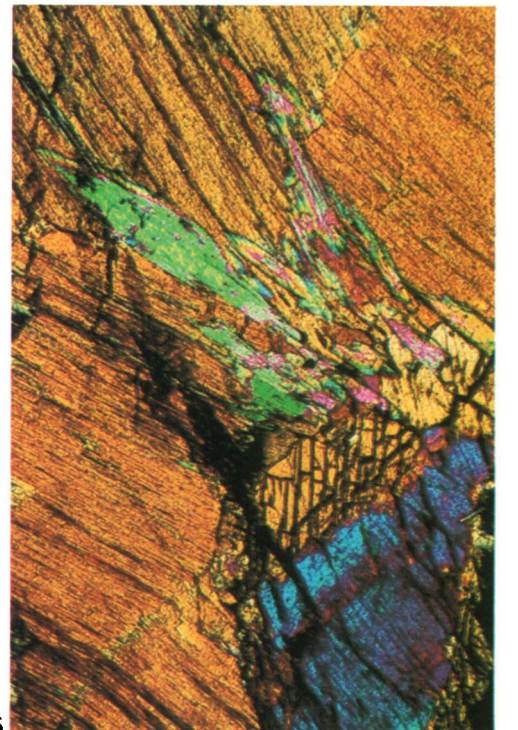
22



24



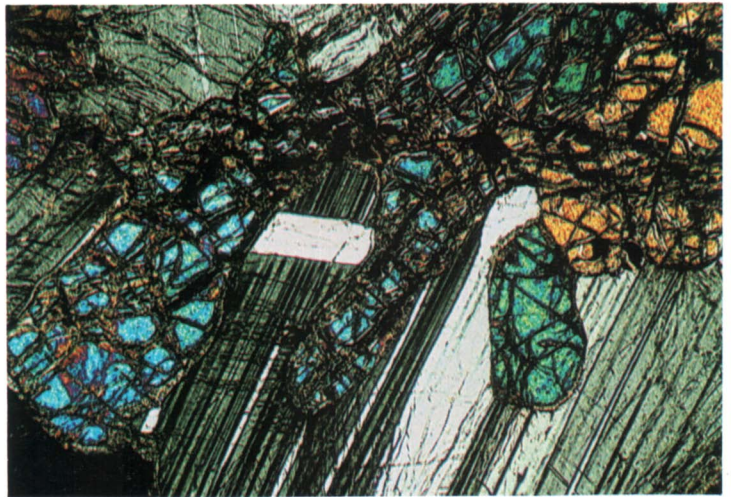
23



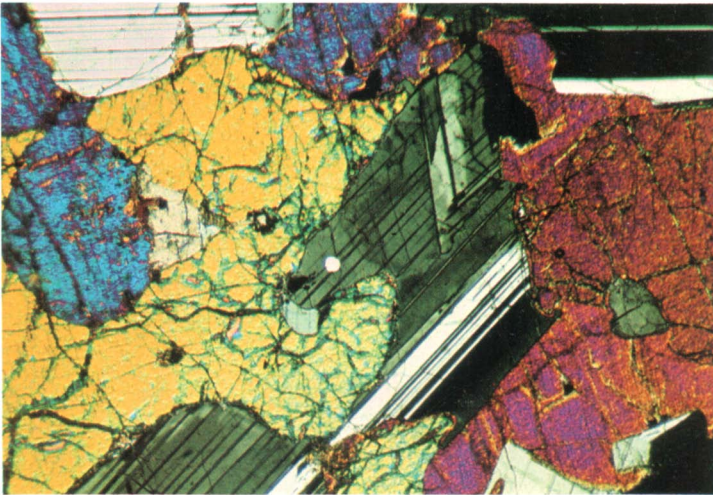
25



26



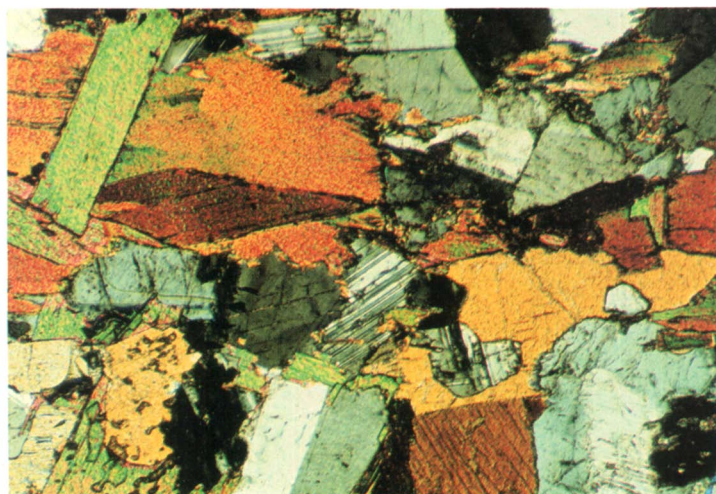
28



27



29



30

21. **Lherzoliet**, *Etang de Lers, Pyreneeën, Frankrijk*, 32 x, XN. Geel, rood, blauw, groen: voornamelijk olivijn; grijs: enstatiet; de aanwezige diopsied is tussen de olivijn moeilijk te onderscheiden.

22. **Harzburgiet** (geserpentiniseerd), *Lizard, Cornwall*, 32 x, XN. Geel/rood/blauw: enstatiet, deels omgezet in bastiet; geel, vezelig: serpentijn; helder gekleurde fragmenten tussen de serpentijnvezels: olivijn; zwart (links boven, midden onder): spinel.

23. **Amfibool-peridotiet** (lugariet), *Ayrshire, W-Schotland*, 40 x, // gepol. licht. Bruin: sterk pleochroïtische Na-amfibool, ws. kaersutiet; geel: geserpentiniseerde, idiomorfe olivijnkristallen; groen: chloriet; donkerder bruin: biotiet; grijze korrels: titaan-augiet.

24. **Glimmer-peridotiet** (kimberliet), *gebreksieerd, Zuid-Afrika*, 71 x, XN. Blauw: chroomdiopsied (clinopyroxen); geel/rood/blauw: flogopiet (glimmer); ertussen: omzettingsprodukten. Handstuk: foto 2.

25. **Orthopyroxeniet** (enstatiet), *Stiermarken, Oostenrijk*, 32 x, XN, handstuk: foto 3. Geel: enstatiet; blauw: clinopyroxen; groen/rood: amfibool, ws. tremoliet.

---

kleurenpagina 6  
bijschriften kleurenfoto's van slijplaten

26. **Analcie-gabbro** ("crinaniet"), *Arran, W-Schotland*, 22 x, XN, handstuk foto 16. Geel: titaanaugiet, subofitisch t.o.v. de plagioklaas: witte latten; zwart: erts (opaak) en analcien (isotroop, dus uitgedoofd), de laatste in wigvormige hoeken tussen de plagioklaaskristallen.

27. **Hyperstheen-olivijn-gabbro** ("eucriet"), *Ardnamurchan, W-Schotland*, 20 x, XN, handstuk: foto 4. Wit/grijs/zwart, evenwijdig gestreept: plagioklaas, met lamellen van albietvertweeling (fijne streping) en carlsbadvertweeling; geel: olivijn, evenals geelrood kristal rechts; blauw en rood evenals paarsrood om olivijn: augiet.

28. **Troctoliet**, *Aberdeenshire, Schotland*, 32 x, XN, handstuk: foto 5, zie ook foto D in // gepolariseerd licht. Grijs/wit: plagioklaas, fijngestreept: plag. met albietvertweeling; geel en groenblauw: olivijn, om de olivijn zit een randje pyroxen; vezelig omzettingsprodukt in en om de olivijn: serpentijn.

29. **Nefelienhoudende monzodioriet** (*Oslo-essexiet*), *Oslogebied*, 32 x, XN, handstuk: foto 17. Wit/grijs/zwart gestreept: plagioklaas met albiet- en carlsbadvertweeling; egaal grijs links onder groen kristal: kaliveldspaat oranje en groen aggregaat: olivijn; grijs kristal in oranje olivijn: apatiet; links onder: erts (zwart) met biotiet-rand (bruin).

30. **Dioriet**, *Galicië, Spanje*, 32 x, XN, handstuk: foto 7. Plagioklaas: wit/grijs, sommige kristallen zijn donker; biotiet: links boven geel/groen/rood, ook elders; hoornblende: geel links onder (basissnede), geel en bruin kristal rechts onder.

---

gaf volumevermeerdering, die ook op de plaatvormige plagioklazen inwerkte. Zij werden uit elkaar gerekt en vertonen nu breuklijnen, die vanuit de geserpentiniseerde olivijn komen. Onder de mikroskoop bezien is dit een fascinerend gezicht (foto 5 en D). Om de olivijn zit een dun randje orthopyroxen. Door de overgang van de ijzerhoudende olivijn naar serpentijn komt ijzer vrij, die zichtbaar is als zwarte ertskorrels.

De olivijn kan vergezeld worden door pyroxen, zoals in het afgebeelde monster het geval was, (foto 28). Het monster is daarmee een olivijn-gabbroriet.

## Anorthosiet (10)

Dit een grof- tot middelkorrelig gesteente, dat nagenoeg geheel (tenminste voor 90%) uit plagioklaas bestaat.

Ten eerste komen anorthosieten voor als grote intrusies, waarin het An-gehalte varieert van An<sub>40</sub> (andesien) tot An<sub>65</sub> (labradoriet), al naar het voorkomen.

Ten tweede wordt anorthosiet gevonden als banden of lenzen in gabbroïde of ultramafische intrusies. De samenstelling is daar calciumrijker en kan uiteenlopen van An<sub>60</sub> tot An<sub>90</sub> (labradoriet-bytowniet).

Het afgebeelde monster (foto 6) is afkomstig van een anorthosietlichaam in Rogaland, ZW-Noorwegen, de Ognægersund-anorthosiet. Het is genomen bij de boerderij Kalfshagen, ten NW van Egersund aan de route nr. 44.

Het handstuk is niet zo licht van kleur als we van een plagioklaasgesteente zouden verwachten - het is grijsbruin. Hier en daar licht een labradoriserend plagioklaaskristal blauwig op. Dit oplichten wordt veroorzaakt door een niet met de mikroskoop zichtbare ontmenging van plagioklaas componenten. Mikroskopisch blijkt, dat de plagioklaas een An-gehalte heeft van 55. De kleurindex is duidelijk minder dan 10, al zou foto E anders doen vermoeden! De mafische bestanddelen zijn grotendeels hyperstheen, een orthopyroxen.

## Dioriet (10)

Het onderscheid tussen diorieten en gabbro's wordt gelegd in de samenstelling van de plagioklaas. Deze is bij dioriet minder dan An<sub>50</sub>, is dus een oligoklaas of een andesien. Vroeger was het criterium: plagioklaas + augiet: gabbro, plagioklaas + hoornblende: dioriet, maar dit ezelsbruggetje is niet langer begaanbaar. De CI is gemiddeld onder de 45. Het bleek niet gemakkelijk een goede dioriet te vinden. Hij is, hoe bekend de naam ook is, kennelijk niet zo algemeen. Diorieten vormen soms kleine onafhankelijke lichamen, maar meestal zijn ze randzones om granietische intrusies. Plagioklaas is de enige veldspaat, hij is vaak zonnair. Er is vaak wat kwarts. Mafische bestanddelen zijn

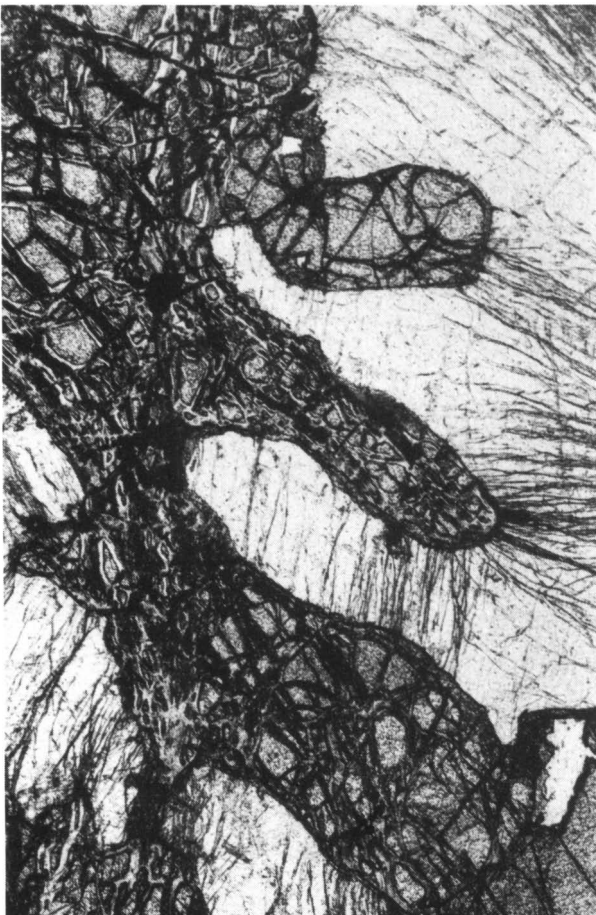
meestal hoornblende en biotiet, soms pyroxeen en nog minder vaak olivijn.

Het afgebeelde monster (foto 7 en 30) is een hoornblende-biotiet-dioriet. Hij is gevonden ten ZO van Noya, Galicië, NW-Spanje. Noya ligt een 35 km ten W van Santiago. De vindplaats ligt aan een naar het N lopende zijweg van de route Noya-Padron, die ongeveer 8 km vanaf Noya bij een scherpe bocht van de hoofdweg afslaat. Deze zijweg passeert een brug over de Rio Vilacova en loopt na 300-500 m langs de diorietontsluitingen. De dioriet is er intrusief in migmatiet. In hetzelfde intrusiële lichaam komen ook tonalieten en granodiorieten voor.

Het gesteente is middelkorrelig, de kleurindex zal ongeveer 40 zijn. Witte plagioklaas en kwarts, bruine glimmende biotiet en langgerekte hoornblendekristallen zijn duidelijk in het handstuk te zien.

Het slijpplaatje toont tamelijk wat kwarts en een beetje kaliveldspaat in de vorm van mikrokliën. De zonaire plagioklaas is gemiddeld van  $An_{42}$ -gehalte. Het is daarmee een kwartsdioriet. Donkere mineralen zijn ten eerste biotiet, die soms grote velden vertoont, ten tweede lichtgroene hoornblende. Verder o.a. wat titaniet, erts en apatiet.

*foto D. Troctoliet, Bin Quarry, O-Schotland. Zelfde beeld als foto 28, nu met // gepol. licht. Vergroting 40 x. Donker: serpentijnvezels en niet-omgezette olivijn. Vanuit de serpentijn dringen barsten de plagioklaas (wit) binnen.*



## Tonaliet (5)

Deze heeft meer kwarts dan de kwartsdioriet - meer dan 20%. Verder zijn er dezelfde soorten mineralen mogelijk. Plagioklaas heeft gemiddeld een An-gehalte van 32, schommelt dus tussen oligoklaas en andesien. Kaliveldspaat is er weinig of niet. Biotiet en hoornblende zijn de meest voorkomende mafische mineralen, maar ook muskoviet en pyroxeen horen tot de mogelijkheden. De Cl is circa 20. Bij de diorieten werd al opgemerkt, dat zij vaak als een randzone om een  $SiO_2$ -rijkere intrusie voorkomen, en dat op zichzelf staande diorietlichamen van enige omvang zeldzaam zijn. Bij tonaliet is dit zelfde nog meer uitgesproken het geval. Met name de hb-bi-tonalieten, de meest voorkomende variëteit, vormen vaak een betrekkelijk vroege fase in granietlichamen met gezoneerde samenstelling. Het hier afgebeelde voorbeeld (foto 8 en 31) is afkomstig uit ZW-Schotland, ten N van Newton Stewart en is gehakt uit de wand om de parkeerplaats aan het eind van de auto-weg naar Loch Trool. Deze tonaliet is een onderdeel van het Loch Doon Granietcomplex en wel een mafischer rand om de eigenlijke graniet. Het is een vrij licht, middelkorrelig gesteente, met witte plagioklaas en vrij veel kleurloze kwarts. Er zijn veel zwarte, glimmende plaatjes van biotiet en doffe, langgerekte kristallen van hoornblende te zien.

Het typegesteente van tonaliet komt voor in de Monte Tonale in Tirol.

---

## kleurenpagina 7

### bijschriften kleurenfoto's van slijpplaten

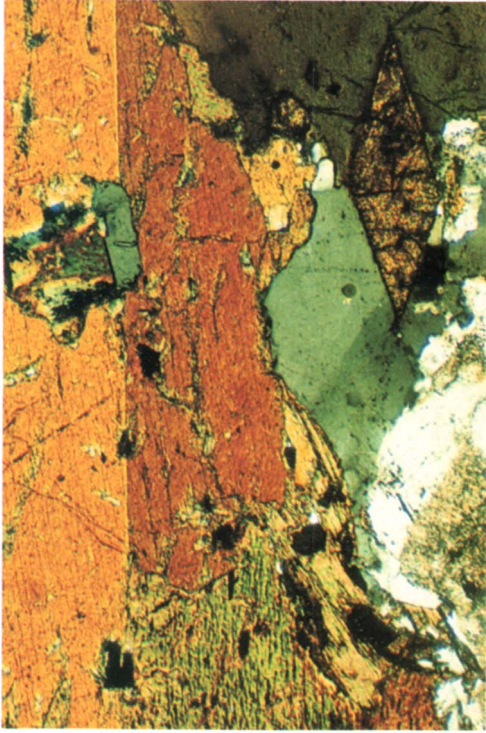
31. **Tonaliet, Loch Doon-complex, ZW-Schotland, 32 x, XN, handstuk: foto 8.** Helder wit/grijs/donker: kwarts, o.a. links en rechts van de kleurige groep; iets verweerd, grijs/donkergrijs: plagioklaas, vaak met albietslamellen; rood/groen: biotiet (donkere banen in de biotiet zijn chloriet); vertikaal geel kristal: hoornblende, met donkere tweelingslamellen.

32. **Granodioriet, Strontian-complex, W-Schotland, 50 x, XN, handstuk: foto 9.** Egaal grijs, in het midden: kwarts; licht, verweerd, rechts: plagioklaas; geel/bruin: vertweelings hoornblendekristal; midden onder, groenig: biotiet; rechts boven, ruitvormig: titaniet.

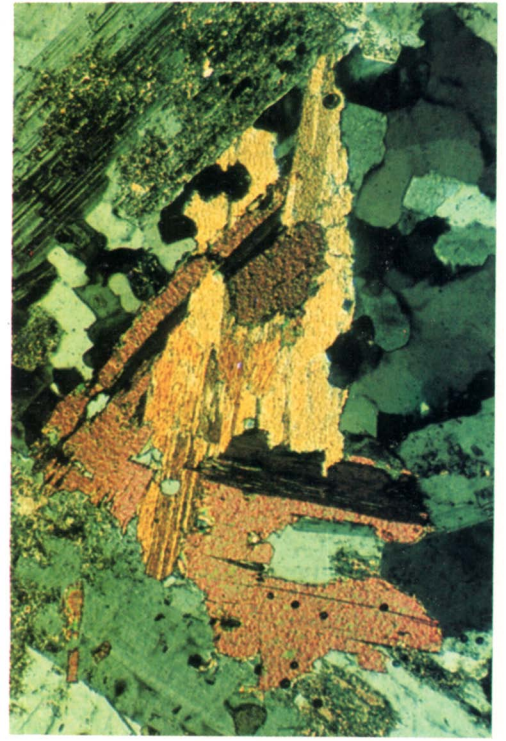
33. **Kwarts-monzoniet, Vogezen, Frankrijk, 32 x, XN, handstuk: foto 19.** Licht, troebel: kaliveldspaat; blauw kristal links: hoornblende; geel, midden: idem, (basis-snedes); links boven, rood en blauw: idem; rechts boven en onder, ook naast en in het gele hb-kristal: biotiet; naaldjes in de kaliveldspaat: apatiet.

34. **Graniet, Massif Central, Frankrijk, 32 x, XN.** Kwarts: iets geel, grijs en wit; troebel: kaliveldspaat; grijs, midden links, centrum en boven: plagioklaas, o.a. met albietsweelingen; licht-, donker- en roodbruin: biotiet.

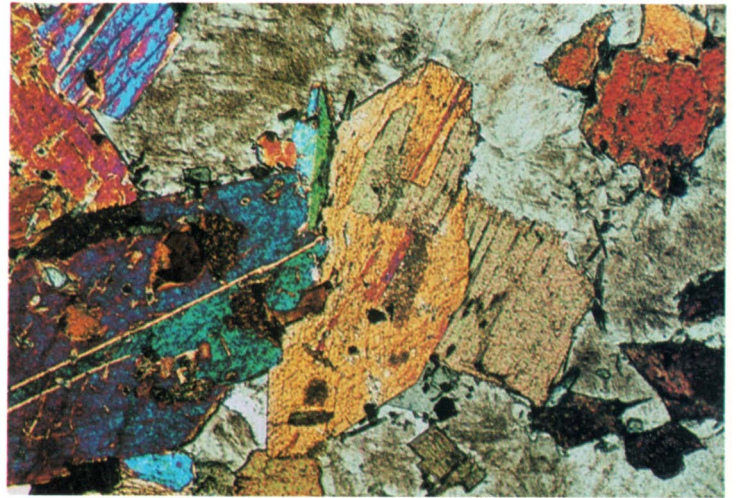
35. **Alkaliveldspaat-graniet (toermalijn-graniet), Cornwall, 100 x, XN, handstuk: foto 13.** Blauw/geel kristal: toermalijn, ook links boven; geel: muskoviet; grijs/wit/zwart: kwarts.



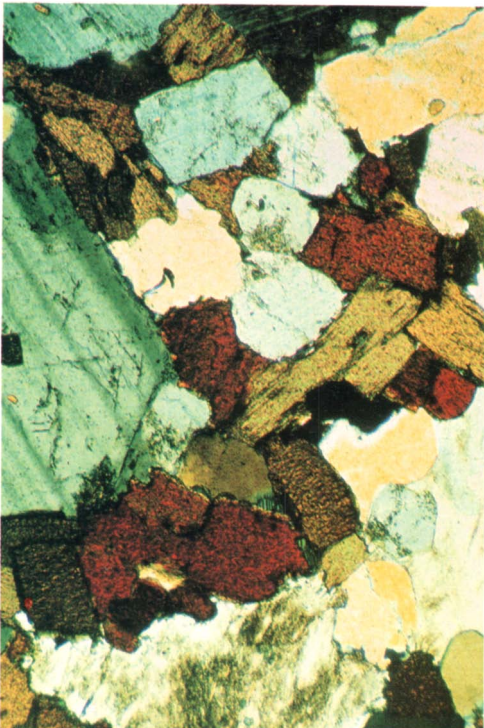
32



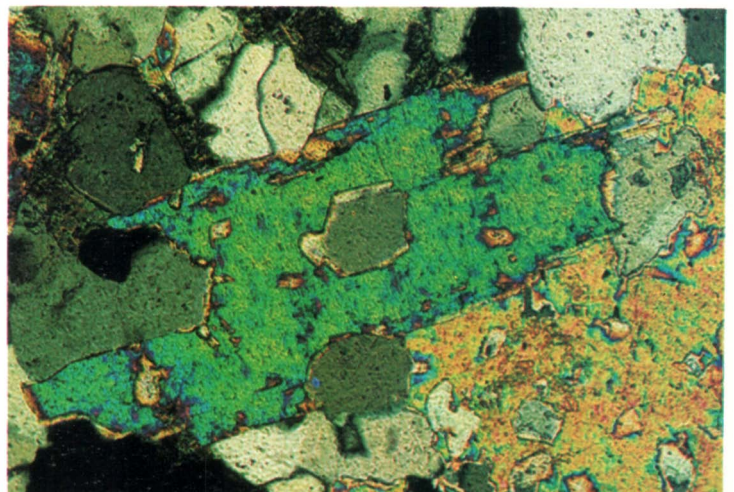
31



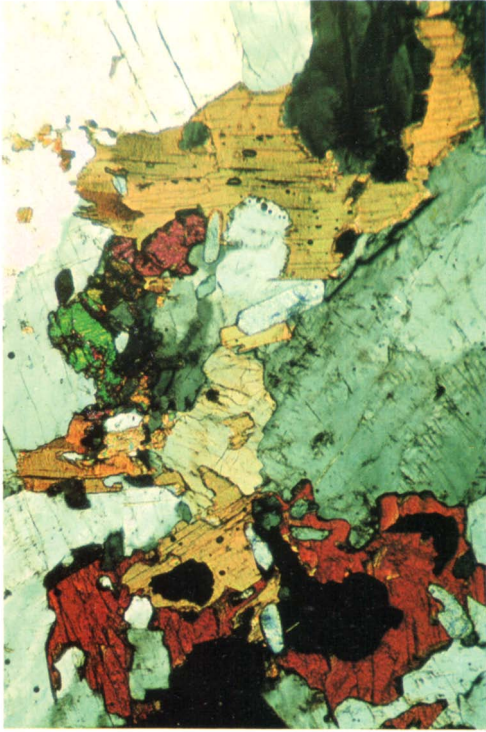
33



34



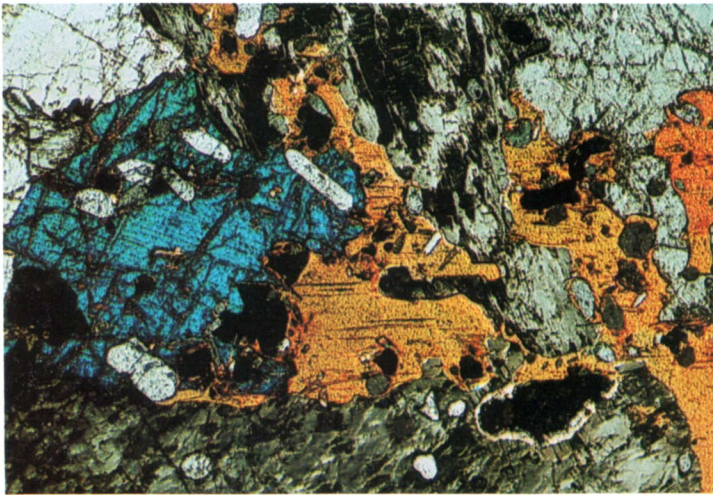
35



36

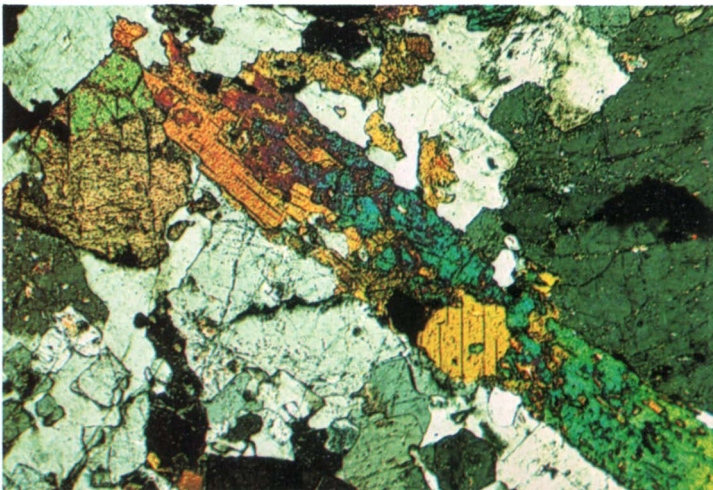


39



37

40



38

## Granodioriet (4)

Al doet de naam meer verwantschap met dioriet vermoeden, de samenstelling van granodiorieten ligt dicht bij een gemiddelde graniet. Kaliveldspaat is er minder dan in een graniet en meer dan bij een tonaliet. Het An-gehalte van de plagioklaas is gemiddeld 28: een oligoklaas. De plagioklaas zijn vaak mooi zonair. Kwarts: meer dan 20%. Van de donkere mineralen overwegen biotiet en hoornblende; de kleurindex is gemiddeld 15. Op het oog is een granodioriet vaak nauwelijks van een graniet te onderscheiden, namen als Strontian-graniet (Schotland) en Andlau-graniet (Vogezes) staan voor granodiorieten, al komen bij Strontian ook "echte" granieten voor. Ook granodiorieten kunnen, als de tonalieten, een zone in een granietisch massief vormen, zoals in het Strontian-complex het geval is. Maar vaak maken granodiorieten, al of niet samen met graniet, de grote massa uit van geweldige batholieten, die in de centra van orogene gebieden voorkomen. Ook in kleinere intrusievormen is granodioriet algemeen.

Het monster van de hoornblende-biotiet-granodioriet van Strontian (foto 9 en 32) heeft aggregaten van kwarts, veel mooi zonaire plagioklaas, die plaatvormig is en hypidiomorf (gedeeltelijk met eigen kristalbegrenzingsen). De plagioklaas overheerst de orthoklaas, die hier en daar in kleine, maar soms ook als grote kristallen aanwezig is. Tussen de kaliveldspaat en plagioklaas komt veel myrmekiet voor: vergroeiing van plagioklaas en kwarts. Er zijn veel biotiet en groene hoornblende. De laatste is vaak langprismatisch en vertweelind. Kenmerkend zijn de mooie, grote, ruitvormige titanietkristallen.

---

### kleurenpagina 8 bijschriften kleurenfoto's van slijpplaten

36. **Monzoniet (larvikiet)**, omgeving Larvik, Z-Noorwegen, 20 x, XN, handstuk: foto 18. Grijs en wit: veldspaat, idem zuilvormig: apatiet; zwart: erts; donkerbruin o.a. om erts, elders lichtbruin: biotiet; groen en rood: olivijn.
37. **Nefelien-syeniet (lardaliet)**, omgeving Larvik, Z-Noorwegen, 20 x, XN. Grote grijze en witte, iets troebele kristallen: kaliveldspaat; ronde, kleine grijze kristallen: nefelien; blauw: titaanaugiet; geel: biotiet; licht, zuilvormig in augiet en biotiet: apatiet; zwart: voornamelijk erts.
38. **Nefelien-syeniet (foyalet)**, Serra de Monchique, Portugal, 40 x, XN, handstuk: foto Q, zie ook R. Lichtgrijs: vnl. kaliveldspaat; donkerder grijs, links en rechts, ook in kaliveldspaat: nefelien; blauwgroen in zuilvormig kristal: aegirien-augiet; geel/oranje in idem: biotiet; bruinig/groen links boven: titaniet.
39. **Foidoliet (melteigiet)**, Fen-gebied, Z-Noorwegen, 27 x, XN, Licht/donkergrijs: nefelien; geel/oranje/rood/blauw: aegirien-augiet.
40. **Lamprofier (spessartiet)**, Assynt, NW-Schotland, 32 x, XN, handstuk: foto 20. Witte/grijze/zwarte ondergrond: plagioklaas; roodbruine/lichtbruine/gele kristallen: idiomorfe hoornblende.

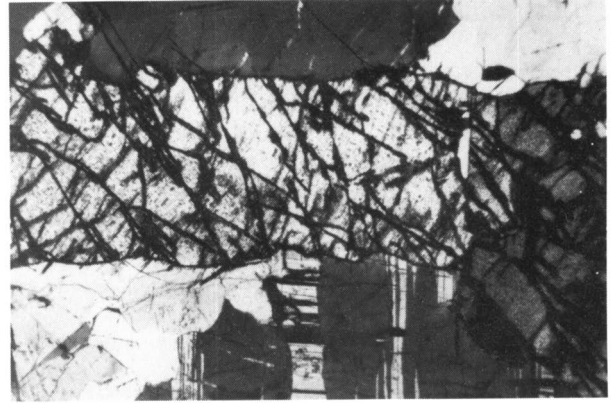


Foto E. Anorthosiet, Rogaland, Noorwegen. Slijpplaat, vergroting 27 x, gekruiste nicols. Het langgerekte kristal in het centrum is hyperstheen, een orthopyroxeen. De rest is plagioklaas, deels met zichtbare vertweeling. Zie ook kl.-foto 6.

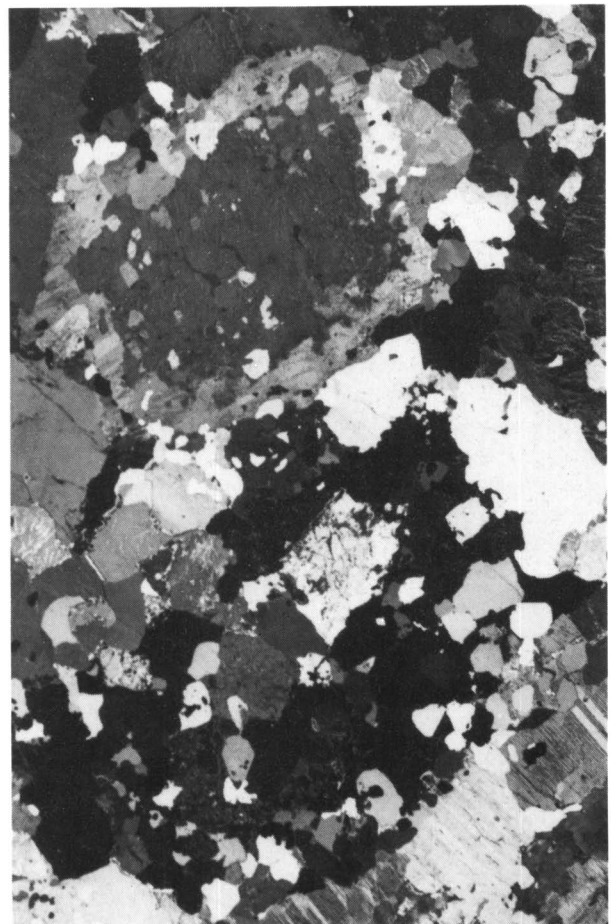


foto F. Rapakivigraniet, ZO-Finland. Slijpplaat, vergroting circa 7 x, gekruiste nicols. Kwarts: egaal wit, grijs of zwart. Alkaliveldspaat: grijs, geaderd (perthiet), ook wel wit, troebel. Plagioklaas: met tweelingen volgens albietwet (parallel gestreept). Duidelijk is het "oog" van alkaliveldspaat met rand van plagioklaas. Hoornblende en biotiet zijn donker. Zie ook kl.-foto 10.

### Graniet (3)

Een dieptegesteente met 20-60% kwarts, met een plagioklaasaandeel van 10-65% in het totaal van de veldspaten is een graniet volgens het Streckeisen-beginsel. De uitgangspunten voor wat onder een graniet verstaan moet worden hebben bij de verschillende onderzoekers tamelijk ver uit elkaar gelegen. Een van de groten, Johannsen, nam een marge aan van 5-50% kwarts en een plagioklaasaandeel van 5-50% op het totaal van de veldspaten.

Het begrip graniet mag dan wat wijder of nauwer begrensd worden, in de natuur blijken de meeste granietvoorkomens een vrij grote overeenkomst in samenstelling te hebben. Dus: het vak is wel groot, maar het veld van de grootste concentratie is vrij beperkt. De meeste types bevatten ongeveer evenveel kaliveldspaat als plagioklaas, terwijl kwarts meestal tussen de 20 en 45% van het totaal van de felsische mineralen uitmaakt.

De kaliveldspaat in de graniet kan zowel orthoklaas als mikroklien zijn, beide mogelijk perthitisch. De plagioklaas schommelt om de  $An_{22}$ , is dus een oligoklaas. De donkere bestanddelen kunnen zijn muskoviet, muskoviet-biotiet, biotiet, biotiet-hoornblende, soms pyroxeen. Accessoria zijn gewoonlijk titaniet, zirkoon, apatiet, erts. De structuur van granieten is over het algemeen subhedrisch-granulair: het zijn grof- tot middelkorrelige gesteenten waarin sommige mineralen wel eigen kristalbegrenzingsen hebben, maar waarin andere, later uitgekristalliseerde mineralen minder of niet idiomorf zijn.

De kleurindex van granieten is ongeveer 10-12. Het zijn als handstuk dan ook vrij lichte gesteenten, met diverse kleurmogelijkheden voor de kaliveldspaat, de plagioklaas en de kwarts. Gesteenten kunnen aldus rose-, rood-, geel-, bruin-, wit-, blauw-, groenachtig van tint zijn en toch allemaal tot de granieten behoren.

Aan de andere kant kan een dieptegesteente met veel wit en zwarte stippen als graniet, monzoniet, granodioriet of als tonaliet uitvallen.

Na hun stolling werken er vaak nog laatmagmatische invloeden op granieten door. Deze veranderen nog wel het een en ander aan het gesteente, zoals we bij de alkali-granieten zullen zien.

Uit de veelheid van graniettypen kozen we er twee. Ten eerste een **biotiet-graniet**. Deze is afkomstig uit het Massif Central, omgeving Le Puy, bij Chamalières, aan de Loire-oever. (Foto 34.)

Het is een gelijkkorrelig type, weinig omgezet. De orthoklaas is iets perthitisch, de plagioklaas is hypidiomorf, de kwarts is voor een deel vroeg uitgekristalliseerd (heeft hier en daar zijn oorspronkelijke kristalvorm) en is voor de rest interstitieel. Biotiet is er vrij veel. Zirkoon, die in de biotiet zit ingesloten, geeft duidelijke pleochroïtische hoven, veroorzaakt door radio-actieve straling vanuit de zirkoon.

Makroskopisch is het een vrij kleurloze, middelkorrelige graniet; de orthoklaas is lichtzalmkleurig, plagioklaas wit, kwarts grijsig, biotiet zwart.



*foto G. Rapakivigraniet, als F, slijpplaat, 27 x, gekruiste nicols. Plagioklaas: gestreept (vertweelingd), alkaliveldspaat: troebel grijs, kwarts: wit, hoornblende: donker.*



*Foto H. Alkaliveldspaatgraniet (ekeriet), Oslogebied, slijpplaat, 7 x, gekruiste nicols. In de grijze partijen is de perthitische alkaliveldspaat te zien: lichte albitlamellen in de donkerder kaliveldspaat. Er is enige blauwgroene hoornblende (arfvedsoniet). Zie kl.-foto 11.*





*foto 1. Alkaliveldspaatgraniet (ekeriet), als H. Slijpplaat, 24 x, gekruiste nicols. Perthitische alkaliveldspaat in detail. Wit (ook aan de kristalbegrenzingsen): albiet. Donkerder: kaliveldspaat.*

**Biotiet-hoornblendegraniet (rapakivi-graniet).** Het tweede voorbeeld ziet er heel anders uit. Deze rapakivi-graniet werd bemonsterd in een grote wegontsluiting, ongeveer halverwege op de route tussen Hamina en Lappeenranta, ZO-Finland.

Deze ongelijkkorrelige bi-hb-graniet is bekend om zijn typische veldspaatstructuur. Grote ronde of ovale perthitische orthoklaaskristallen worden omrand door kleine plagioklaas (= oligoklaas-) kristallen, die al met het blote oog als een ring zichtbaar zijn. De orthoklaazen zitten vol ingesloten kristallen van kwarts, plagioklaas en biotiet. Kleine orthoklaaskristallen, niet omringd, komen ook voor, evenals plagioklaas zonder contact met de kaliveldspaat. De kwarts komt als kleine ofwel grotere kristallen voor, in of buiten andere mineralen. Groenbruine hoornblende is er vrij veel, vaak als grote plakkaten met veel insluitels.

Verder is nog biotiet. (Foto F en G).

Makroskopisch is het gesteente vrij donker. De orthoklaas is zalmkleurig, maar kwartsen en plagioklaas zijn grijs en biotiet en hoornblende tegen zwart aan. Toch is het een "echte" graniet qua samenstelling: kwarts 1/3 van de felsische bestanddelen, plagioklaas 1/3 van de veldspaten, orthoklaas 2/3 - hij zit dus midden in de roos. Foto 10.

Overigens vormen de rapakivi-gesteenten in Finland een heterogene groep. Er komen ook granodiorieten in voor en uitgesproken porfierische gesteenten, die een fijnkristallijne grondmassa hebben.

## Alkaliveldspaat-graniet (2)

Deze groep wordt, de naam zegt het al, gekarakteriseerd door de alkaliveldspaten. Bij hoge temperatuur zijn albiet en kaliveldspaat in alle verhoudingen mengbaar. Ze kristalliseerden samen uit, maar bij afkoeling van het magma ontmengden ze zich als de mengverhouding waarin ze voorkwamen bij de lagere temperatuur niet stabiel was. Zo ontstonden de vergroeiingen van de kalium- en natriumveldspaten, die karakteristiek zijn voor veel gesteenten aan de linkerkant van het diagram. Dus ook voor die uit de vakken 6 en 11: de kwartshoudende en onderverzadigde syenieten, en tot deze groepen blijft het fenomeen niet beperkt.

Verschillende aanduidingen zijn voor deze albiet-kaliveldspaten in omloop: alkaliveldspaat, KNa-veldspaat, perthiet (kaliveldspaat met albietlamellen). Bij perthiet is het albiet-gehalte minder dan de helft, bij antiperthiet overheerst de albiet over de kaliveldspaat. De kaliveldspaat ligt bij antiperthiet vaak als "wolken" in de albiet. De albiet vertoont vaak tweelingslamellen.

Wat de mafische mineralen betreft: sommige typen alkaliveldspaat-granieten hebben muskoviet en/of biotiet.

Andere bevatten natriumrijke amfibolen (zoals arfvedsoniet) en natriumrijke pyroxenen (aegirien, aegirien-augiet). Dit zijn alkali-pyroxenen en alkali-amfibolen; zij komen in deze alkaligesteenten veel voor.

**Ekeriet** is een voorbeeld van dit type met mafische alkalimineralen. Ekeriet is genoemd naar het meer Ekeren, nu Eikern, in het Oslogebied. Het monster is afkomstig uit de omgeving van Feiring, aan de ZW-kant van het Mjösamer. Het is een tamelijk grofkorrelig gesteente, zalmkleurig, met als hoofdmineralen vrij donkere kwarts en sterk perthitische kaliveldspaat, die respectievelijk 1/3 en 2/3 van de lichte bestanddelen uitmaken. De aegirien en arfvedsoniet halen samen ongeveer 6%. (foto 11 en H). De alkaliveldspaten hebben, onder de microscoop bezien, in elkaar grijpende kristalbegrenzingsen - zie foto 1 - op de marges komt lichtgekleurde, heldere albiet voor.

Een andere **alkaliveldspaat-graniet** is de rode graniet die de streek bij Porto, West-Corsica, tot een van de mooiste streken van het eiland maakt. Foto 12 geeft een indruk van het middelkorrelige gesteente. Het monster is genomen midden in de groeve voor dit materiaal, aan de D 81 iets benoorden Porto. Van oppervlakteverwerking kan geen sprake zijn, toch lijken de mafische bestanddelen "roestig". Het blijken omgezette glimmerkristallen te zijn. Behalve veel sterk perthitische kaliveldspaat is er heel wat kwarts, die veelal grafisch vergroeid is met de kaliveldspaat. Er is enige vrije plagioklaas, in de vorm van albiet. Hier en daar zit een fluorietkristal.

**Toermalijngraniet.** Bij de granieten kwam al ter sprake, dat laatmagmatische invloeden nog veel aan een al vast geworden gesteente kunnen veranderen. Deze veranderingen werden ook aangestipt in de inleiding op pag. 8. Daar werd ook toermalinisatie genoemd. Daarbij neemt toermalijn in eerste aanleg de plaats in van biotiet - toermalijn en biotiet komen dan ook niet samen voor. Bij een verdergaand proces worden de veldspaten geheel of gedeeltelijk door toermalijn plus kwarts omgezet. De laatste fase is een toermalijnkwartsgesteente. Van deze processen zijn duidelijke voorbeelden te vinden in Cornwall.

Foto's 13 en 35 tonen een toermalijngraniet van Cape Cornwall. Deze heeft veel xenomorfe kwarts en als veldspaat alleen wat orthoklaas. Wel is er veel muskoviet, de witte glimmer, hier iets gelig getint. Toermalijn is er in langgerekte kristallen, met veel insluitels. Het handstuk is ongelijkkorrelig, met wit van de kaliveldspaat, kleurloos van de kwarts, lichte glimmende muskoviet en zwarte spikkels, ditmaal van de toermalijn. Cornwall heeft vele granietvoorkomens die getoermaliniseerd zijn. Aan de Sennen Cove op Land's End zijn de toermalijnkristallen centimeters groot. Maar het mooiste type kwam voor bij Luxulyan, in de buurt van St. Austell (Cornwall). Het gesteente, steenrood en diepzwart van kaliveldspaat en toermalijn, is onder de mikroskoop bij gekruiste nicols bijzonder spectaculair. Foto J geeft een detail van het fascinerende schouwspel. Naalden van toermalijn steken hier in secundaire kwarts (hier donker tussen gekruiste nicols), de veldspaat is voor een deel omgezet onder invloed van boriumhoudende magmatische restvloeistoffen of gasvormige residuen.

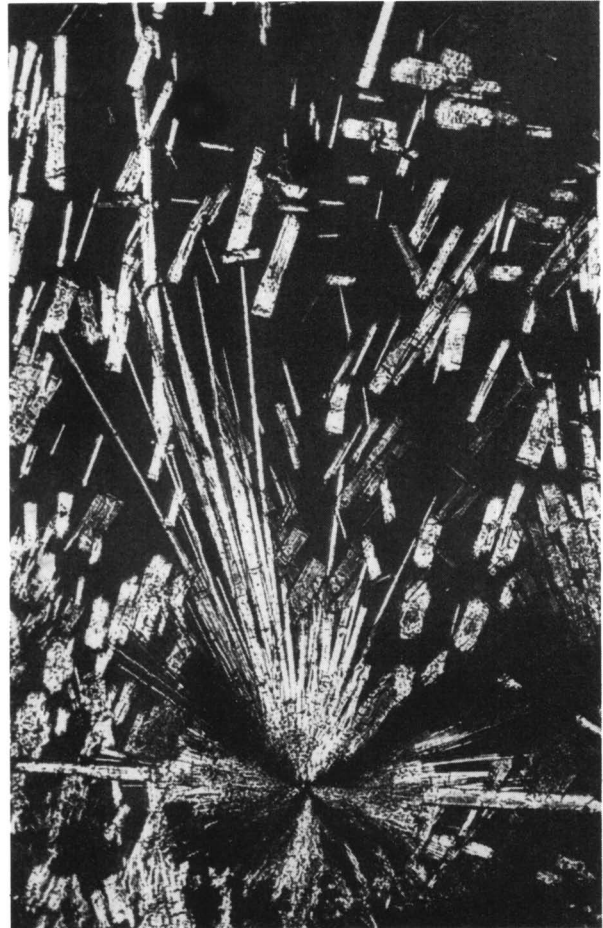
### Kwartsgesteenten, enz. (1)

In het bovenste vak van het systeem horen de kwartsrijke granieten en -diorieten thuis met meer dan 60% kwarts. Voorkomens ervan zijn buitengewoon zeldzaam - er was geen voorbeeld van te vinden. Gangopvullingen met zeer veel kwarts en ook wat veldspaat zijn meer bekend. We zullen ze laten voor wat ze zijn.

Hiermee zijn we terug van een eerste tocht langs dieptegesteenten.

De gesteenten die we nog niet ontmoeten maken samen maar een klein percentage van het geheel aan dieptegesteenten uit. Maar wij zouden geen echte liefhebbers zijn, als niet juist deze minderheden ons onweerstaanbaar aantrokken. Vaak zullen we er wel wat moeite en tijd voor over moeten hebben om deze merendeels kleine voorkomens te vinden.

We zullen op een tweede route de overige vakken van het Streckeisen-systeem aandoen en daarbij weer beginnen aan de plagioklaaskant.



*foto J. Toermalijnzon in kwarts. Slijpplaat van toermalijngraniet (luxullianiet), Cornwall, 120 x, gekruiste nicols. Het zwarte kruis in de radiaalstralige toermalijn is toermalijn in uitdoofstand tussen XN.*