

# Meteorietinslag markeert overgang Krijt - Tertiair?

## Opmerkelijke faunaveranderingen op de grens van Mesozoïcum en Cenozoïcum verklaard door inslag van buitenaards lichaam?

Vragen als deze hebben in de loop van dit jaar de geologische gemoederen bezig gehouden. Door publicaties in de dagbladers over het betreffende onderzoek is ook buiten vakkringen al enige aandacht besteed aan de mogelijke oplossing van een van de brandendste kwesties van de stratigrafische geologie: waarom stierven op de grens van Krijt en Tertiair, nu 66 miljoen jaar geleden, zo veel diergroepen zo plotseling uit, om plaats te maken voor zo veel voordien onbetekenende levensvormen? De nieuwste oplossing van het probleem vindt veel instemming — en ook veel tegenwerping. Zeker is, dat een interessante discussie geopend is en dat allerwege gezocht wordt naar mogelijke bewijzen van de hypothese en naar ondersteuning van al gevonden bewijsmateriaal. Hoewel het onderzoek nog niet is afgerond zullen we de feiten zoals ze nu liggen eens op een rijtje zetten. Aanleiding daartoe waren de publicaties van en rond drs. J. Smit, Geologisch Instituut te Amsterdam.

### Waar het om gaat

De overgang van het Krijt, de laatste periode van het Mesozoïcum, naar het Tertiair, de eerste periode van het Cenozoïcum, wordt gekenmerkt door een grote faun omslag. Aan het eind van het Krijt stierven o.a. uit: Inoceramiden en Rudisten (twee belangrijke groepen bivalven: tweekleppige mollusken), ammonieten, belemnieten, en de laatste dinosauriërs (een groep landreptielen), plesiosauriërs (mariene reptielen) en pterosauriërs (vliegende reptielen). Alle landdieren uit het Krijt zwaarder dan 25 kg blijken in het Tertiair te zijn verdwenen. 20% van de zoogdieren, in het Krijt overigens nog een weinig geavanceerde groep, blijkt de grens Krijt/Tertiair niet te zijn gepasseerd.

Andere diergroepen stierven dan wel niet uit, maar blijken in het Danien (onderste Tertiair) gedeeltelijk uit andere soorten of variëteiten te bestaan. Dit is het geval met echinoiden (zeeëgels), brachiopoden, bivalven en ostracoden. Van deze groep stierf minder dan 30% uit. Van de 65 soorten planktonische foraminiferen bleef één soort over. Van de bijna 100 soorten nannoplankton (plankton kleiner dan 0,030 mm) overleefden er 4 of 5.

Een derde categorie dieren bleef, voor zover valt na te gaan, constant, bijvoorbeeld de schildpadden, insecten, gastropoden, nautiloiden, en wellicht de vogels.

Het Danien wordt tot het Tertiair gerekend op grond van deze grote faunaverandering. In de gesteenten komt de overgang Krijt/Tertiair niet tot uitdrukking. Vaak gaan de afzettingen nagenoeg ongemerkt in elkaar over — geologisch was er weinig aan de hand.

Bij Stevns Klint in Denemarken, gelegen op het eiland Sjaelland ten zuiden van Kopenhagen, ligt de typelokaliteit van het Danien. De grens tussen de krijtafzettingen van het Maastrichtien (bovenste etage van de Krijtperiode) en het Danien blijkt een dun kleilaagje te zijn, geologisch gezien niets bijzonders. Een dergelijk laagje is op verscheidene plaatsen in Europa terug te vinden waar de grens tussen Krijt en Tertiair ontsloten is.

Maar tijdens de afzetting van dit tussenlaagje blijkt de

faunaverandering te hebben plaatsgevonden. De feiten wijzen naar een plotselinge verandering, de indruk van een catastrofe is gewekt. Deze ramp zou veroorzaakt kunnen zijn door de inslag van een geweldige meteoriet, een planetoïde misschien. Drs. J. Smit is bezig met het bijebrengen van bewijzen om deze hypothese te staven.

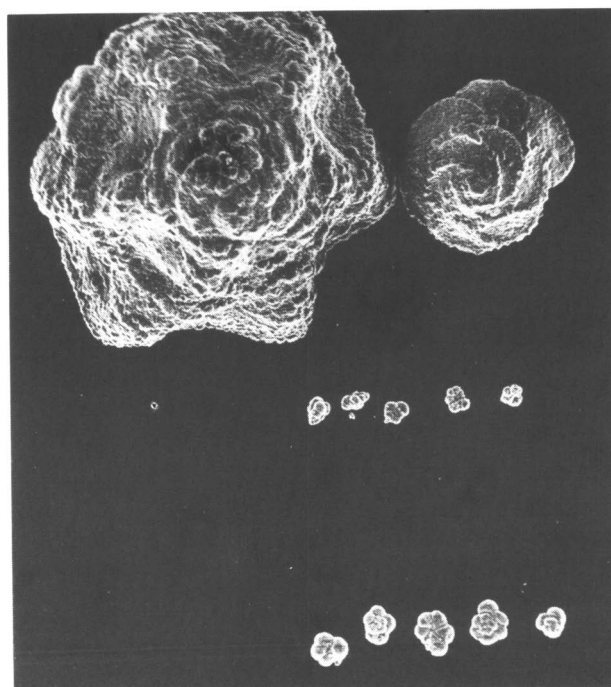
### Onderzoek drs. J. Smit (Geologisch Instituut, Amsterdam)

Drs. Smit bestudeert voor zijn promotie een veldwerkgebied in de Noord-Subbetische zone van de Betische Cordillieren, 3 km ten ZW van Caravaca, ZO-Spanje.

In de Barranco del Gredero aldaar komt een goed bewaarde en ongeveer 1000 m dikke sequentie voor van Bovenkrijt- en Ondertertiaire sedimenten. Vanaf Cenomaan tot Midden-Eoceen zijn alle foraminiferenzones die in deze tijd voorkomen aanwezig. Daarin is over een afstand van ongeveer 1 km de grens tussen Krijt en Tertiair ontsloten. Zoals in Denemarken is ook hier deze grenslaag een kleilaagje, en wel van ongeveer 10 cm dik.

De kalklaag vlak onder het tussenlaagje wordt gevormd

afb. 1. Enkele foraminiferen uit het Krijt-Tertiair-profiel uit de omgeving van Caravaca, ZO-Spanje: nr. 1, rechtsboven: *Globotruncana stuarti*; nr. 2, linksboven: *Globotruncana contusa*, doorsnee 0,83 mm. 1 en 2 uit de bovenste 5 cm van het Krijt. Nr. 3, middelste rij: "restfauna" uit de kleilaag; nr. 4, onderste rij: fauna uit de basis van de eugubina Zone.



door de zg. mayaroensis Zone (naar *Abathomphalus mayaroensis*, een planktonische foraminifeer).

Deze laag is meer dan 70 m dik en bevat een rijke fauna met resten van o.a. meer dan 55 soorten planktonische foraminiferen. Zie afb. 1, nr. 1 en 2. De grens tussen de mayaroensis Zone en het tussenlaagje is scherp. In de eerste millimeters van het kleilaagje verdwijnen de Krijtsoorten van de planktonische foraminiferen. Enkele soorten kleine planktonische foraminiferen overleefden een tijdlang het massale uitsterven en vormden een "rest-fauna" (afb. 1, nr. 3). Eenzelfde verschijnsel deed zich voor bij andere organismen. Benthonische (bodembewonende) foraminiferen, bepaalde ostracoden, graafgangen producerende organismen: allen vertonen een terugval. In de kalklaag boven het tussenlaagje, de zg. eugubina Zone (naar *Globigerina eugubina*, eveneens een planktonische foraminifeer), is er een weeropleving van o.a. de planktonische fauna. Deze werd nauwkeurig door Smit bestudeerd.

Hij vond een snelle opeenvolging van verschillende dominerende soorten (afb. 1, nr. 4). Zo waren er in deze herpopulatie "zwakke", opportunistische, dunschalige soorten als *G. eugubina* (afb. 2), die tijdelijk glorieerden, kennelijk levensvatbaar dank zij een gebrek aan rivaliteit en natuurlijke vijanden.

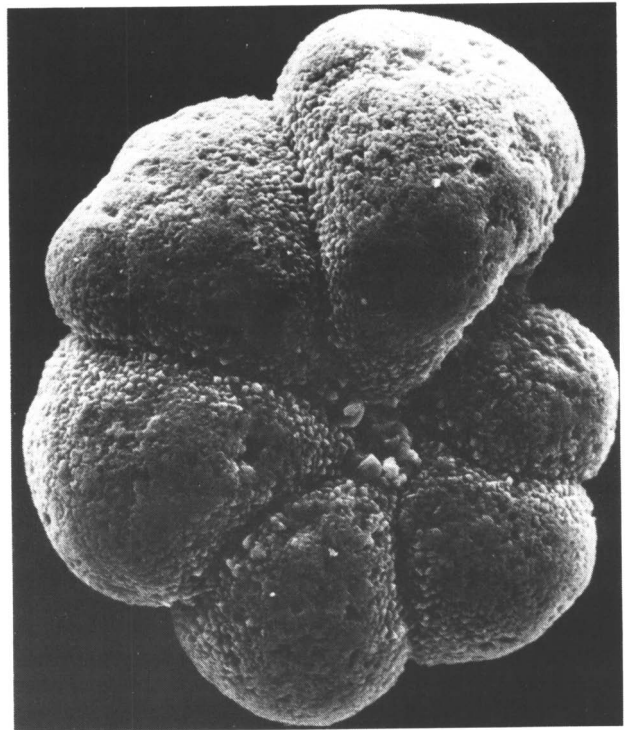
De eugubina Zone is 40 cm dik. Hij wordt gevolgd door de pseudobulloides Zone, waarin de steviger gebouwde *Globigerina pseudobulloides* overheerst ten koste van *G. eugubina*: de (planktonische foraminiferen-)fauna stabiliseerde zich in de loop van de tijd dat deze afzetting ontstond. In de laag van de pseudobulloides Zone, 11 m dik, en die van de trinidadensis Zone, 35 m dik, erboven treden nog maar kleine verschillen in de fauna op. Kortom, door een plotselinge gebeurtenis werd veel van het bestaande leven vernietigd. Na enige tijd herwonnen de organismen het terrein in een lege oceaan, waarbij nieuwe levensvormen een kans kregen. Naderhand stabiliseerde de fauna zich, doordat de meest efficiënte vormen het wonen van de minder goed aangepaste.

Het is van groot belang te weten, hoeveel tijd met dit alles gemoeid was. De sedimentatiesnelheid is echter maar bij benadering te berekenen. Smit kwam in zijn gebied tot verschillende waarden voor de Krijt- en voor de Tertiaire lagen.

Hij nam 70-100 m/my (meter per miljoen jaar) aan voor het Maastrichtien (Krijt) en 12,2 m/my voor het Paleoceen. Beide snelheden paste hij toe op het tussenlaagje. Dit kan dan afgezet zijn in 6.000 - 25.000 jaar. Aangezien in de eerste millimeters van het laagje het merendeel van de fauna uitstierf, kan dit tot uitdrukking komen in een afzetting waarvoor 50-130 jaar nodig was. Deze waarde geldt als de sedimentatiesnelheid voor het Krijt wordt aangehouden; hij is 160-400 jaar als de Tertiaire waarde zou gelden.

De eugubina-fauna met zijn uitbundige regeneratie zou ongeveer 15.000-50.000 jaar geduurd hebben.

Maar er is meer aan de hand met het tussenlaagje dan een fauna-omslag alleen. In de onderste centimeters ervan wordt een sterk verhoogde concentratie aangetroffen van iridium en osmium, beide metalen uit de platinagroep, en arsenicum. Ook nikkel, kobalt, selenium, antimoon en chroom komen sterk aangetroffen voor. Ten opzichte van de gemiddelde waarde in de onderliggende Bovenkrijt-gesteenten werd er 450 maal zoveel iridium gevonden, 250 x zoveel osmium, 210 x zoveel arsenicum. Voor nikkel geldt 81 x, voor kobalt 65 x, selenium 40 x, antimoon 37 x, chroom 14 x. Vooral iridium springt eruit (zie afb. 3).



afb. 2. *Globigerina eugubina*, doorsnee 0,125 mm, uit de basis van de eugubina Zone, omgeving Caravaca.

Omdat iridium en osmium nagenoeg niet in aardse gesteenten voorkomen (0,05 - 0,1 deel per miljard delen voor Ir) is een hoeveelheid van 26 delen per miljard wel heel opmerkelijk. Overigens is dit gehalte alleen maar met zeer geavanceerde technieken te meten: 26/1.000.000.000 valt niet erg op.

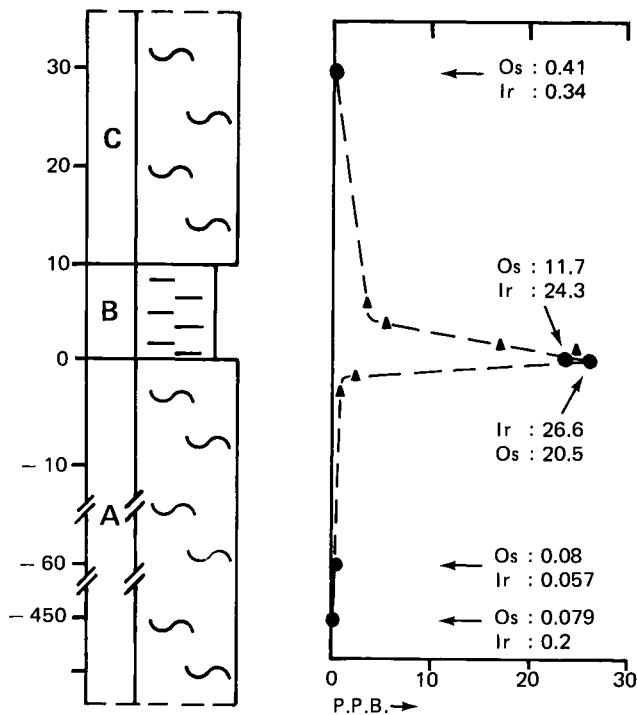
Andere onderzoekers kwamen tot soortgelijke bevindingen. Zoals de Amerikaan W. Alvarez, die bij Gubbio (Midden-Italië) eenzelfde tussenlaagje onderzocht en als eerste daarin iridium ontdekte. Bij Zumaya (Noord-Spanje) komt, door een grote sedimentatiesnelheid (60 cm/1000 j), het fenomeen duidelijk naar voren.

Natuurlijk is men ook in Denemarken naar iridium in het tussenlaagje op zoek gegaan. Daar bleek het zelfs in hogere concentratie voor te komen dan elders werd gevonden: 86,7 delen per miljard. Ook in New Zealand kwam men iridium in het bewuste niveau op het spoor; verder onderzoek is nog gaande.

Als er geen aardse bron is, waar kan deze hoge concentratie van iridium en osmium anders vandaan komen dan van een hemellichaam? De "kosmische verhouding" van de verrijkte elementen wijst zeker in die richting.

### Mogelijke verklaring

Vóór de vondst van de Ir-Os-concentratie heeft men de fauna-omslag aan het begin van het Tertiair proberen te verklaren door oorzaken als: voedselgebrek, klimaatsverslechtering, verstoring van de CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-balans, verhevigd vulkanisme. Maar deze mogelijkheden leken niet zwaar genoeg te wegen en zouden ook uit het sediment kunnen blijken, wat niet zo is. Hetzelfde geldt voor wat men noemt "Arctic flushing". Door het uitenwijken van Groenland en Canada zou brak Arctisch water over warmer zout water gestroomd zijn. Er zou een klimaatsverandering gevolgd zijn en de zeeën zouden 9 °C zijn afgekoeld.



afb. 3. Gegevens over iridium en osmium uit de grenslaag tussen Krijt en Tertiair in de Barranco del Gredero bij Caravaca.

De getallen links geven de afstand in cm vanaf de Krijt-Tertiairgrens.

A = bovenste Krijtlaag, B = tussenlaag, C = onderste Tertiair laag. p.p.b. = delen per miljard.

Toen met de faunaramp de naar aardse maatstaven absurd hoge Ir-Os-concentraties bleken samen te vallen, ging Smit beide fenomenen combineren. Hij overdacht de mogelijkheid van een enorme zonnevlekken-activiteit, de invloed van een supernova of de inslag van een hemellichaam. Alleen de laatste zou wezenlijk bij kunnen dragen aan de Ir-Os-overmaat.

Gemiddeld eenmaal in de 100.000 jaar kruist een object van meer dan 1 km doorsnee de Aardebaan. Het is voorstelbaar, dat destijds een planeetoïde van — laten we zeggen — 5 tot 8 km doorsnee de Aarde genaderd is en met een geschatte snelheid van 20 km/sec is ingeslagen. Hierbij zou een krater van mogelijk enkele honderden kilometers doorsnee geslagen zijn. Deze is op het land niet terug te vinden, hij zal dus in de zeebodem moeten worden gezocht. Bij de inslag zou de planeetoïde zelf zijn verbrijzeld en zijn materiaal zou zelfs gedeeltelijk zijn verdampt, tezamen met een gesteentemassa rondom het inslagpunt van 4 tot 100 x zijn eigen volume. Dit materiaal, aangegenomen op 2.000 - 10.000 km<sup>3</sup>, zou voor een groot deel in de oceaan terecht gekomen zijn. Een ander deel, naar schatting 1/5, zou zeer fijn verdeeld in de atmosfeer en de stratosfeer zijn beland. Het fijne stof zou zich in de hogere luchtlagen en de stratosfeer verspreid hebben, wat — gezien de ervaringen met de uitbarsting destijds van de Krakatau — zeer wel mogelijk is. Het zonlicht zou daardoor 1/2 tot 5 jaar lang geblokkeerd zijn geweest. Er is uitgerekend, dat de hoeveelheid materiaal, die voor een zonsverduistering nodig is, bij een inslag van zo'n grootte zelfs 5 x overtroffen wordt.

Door de zonsverduistering en het stof zou de fotosynthese van de planten ernstig belemmerd of zelfs verhinderd zijn.

Deze groeiden dan ook niet meer, al kunnen wortels, zaden, sporen wel lange tijd hebben overleefd. Een stagnerende plantengroei zal grote invloed hebben gehad op alle verdere leven. De gehele voedselketen zal zijn verstoord. In zee verdween het fytoplankton (plantaardig) en daarna het zoöplankton. Dieren die van fytoplankton afhankelijk waren stierven of werden op z'n minst gedecimeerd. Wie hiervan leefde, moest volgen. Zo verdwenen ook de ammonieten en belemnieten. Op het land kwamen alle dieren van grote omvang aan hun eind. De dinosauriërs — volgens de moderne theorie waren ze warmbloedig en hadden ze dus veel eten nodig — konden het niet meer aan.

Een duur van de zonsverduistering van twee jaar zou voldoende zijn om een catastrofe van deze omvang te veroorzaken.

En intussen bezonk het iridium en osmium uit de ingeslagen planeetoïde op de bodem van de zeeën, waar het tot voor luttele jaren onopgemerkt bleef.

### Een alternatief

Was deze gedachtegang al heel interessant, inmiddels is er weer een nieuw, eventueel aanvullend idee gelanceerd. C. Emiliani, een onderzoeker gespecialiseerd in zuurstof-isotopen, meent aanwijzingen te hebben voor een plotse, kortdurende temperatuurstijging, met name in ondiepe zeeën en de bovenste circa 50 m van de oceanen, juist even boven de grens van Krijt en Tertiair. Op het bestaan van een dergelijke temperatuurstijging had Urey trouwens in 1973 al gewezen, maar in die tijd was de oorzaak raadselachtig. Deze temperatuurverhoging, in de orde van 10°, zou nu kunnen worden verklaard doordat bij de inslag van het buitenaardse object een deel van de enorme hoeveelheid vrijkomende energie werd omgezet in warmte. Zoveel extra hitte op het land en in ondiep water kan Emiliani goed gebruiken om het uitsterven van de vele diergroepen in warme gebieden te verklaren. Stijgt de temperatuur in toch al warme gebieden zo sterk, dan zal dat volgens Emiliani voor veel organismen dodelijk zijn. In gematigde streken zou eenzelfde toename niet zo fataal hoeven te zijn en de diepere waterlagen zouden niet zo veel zijn opgewarmd — daar stierven de organismen dan ook niet uit.

Natuurlijk zijn de hier geschetste ontwikkelingen gebaseerd op veronderstellingen. Er moeten bewijzen op tafel liggen, wil de wetenschappelijke wereld overtuigd zijn. Naar deze bewijzen is Smit, en met hem ook anderen, op zoek. Veel zaken komen door de nieuwe theorieën in een nieuw daglicht te staan. Veel tegenwerpingen blijken gemakkelijk weerlegd te kunnen worden, maar ook nieuwe complicaties duiken op.

Zeker is, dat uit het onderzoek van de grens tussen Krijt en Tertiair nog veel interessante details naar voren kunnen komen.

In de eerste helft van 1981 hoopt drs. J. Smit te promoveren op het onderwerp: The Cretaceous-Tertiary boundary. We zijn heel benieuwd naar zijn verdere bevindingen.

J. Stemvers-van Bemmelen

afb. 1 en 2: foto's door het Laboratorium voor Elektronenmicroscopie van de Universiteit van Amsterdam.

## Literatuur

J. Smit en J. Hertogen: An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary, *Nature* 285, 198 (1980);  
J. Smit: Cretaceous-Tertiary Boundary Event Symp. II, 156 (1979);

L.W. Alvarez, W. Alvarez, F. Asaro, H.V. Michel, *Science* 208, 1095 (1980);  
R. Ganapathy: A major meteorite impact on the earth 65 million years ago (report), *Science* 209, 921 (1980);  
C. Emiliani: Death and renovation at the end of the Mesozoic, *EOS* vol. 61, 505 (1980).

# Het ultramafische massief bij Kraubath an der Mur (Stiermarken, Oostenrijk)

door drs. W.J.M. Scheres

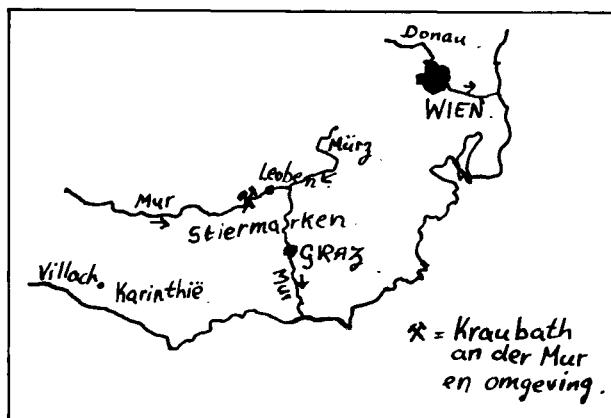
## Ligging en vorm

Een wigvormige, in oost-west-richting verlopende intrusie, opgebouwd uit peridotieten, pyroxenieten en serpentiniten, komt voor nabij het dorp Kraubath an der Mur in de bondsstaat Stiermarken.

Kraubath ligt 14 km ten ZW van Leoben, de stad waar de mijnbouwhogeschool is gevestigd. Nabij het gehucht Preg, 4 km ten ZW van Kraubath, wordt het massief doorsneden door het smalle dal van de snelstromende rivier de Mur. Ten noorden van de Mur liggen daar als een afgezonderde bergmassa de tot dit massief behorende Mittagkogel en Gulsenberg. Aan de zuidzijde liggen hier vrijwel direct aan de rivier de grote steengroeve van de Hartsteinwerke Preg en de Pöllersberg. Het gewonnen materiaal dient voor wegverharding e.d. De totale omvang van het ultramafische massief bedraagt ongeveer 3 x 15 km. Zie fig. 1 en 2. De directe omgeving van deze intrusie bestaat, afgezien van de alluviale gesteenten in het Murdal, uit kristallijne gesteenten als gneizen, granieten en granodiorieten. Deze gesteenten behoren tot de kristallijne centrale kern van de Stiermarker Alpen.

Volgens ouderdom zijn de kristallijne gesteenten in de omgeving van Kraubath in twee groepen te verdelen. De oudste groep omvat de Precambrische gesteenten van de Gleinalpe. Hierin komen voor granieten, granodiorieten, gneizen en amfibolieten. Ook de gesteenten van het ultramafische massief bij Kraubath zijn Precambrisch. De jongere groep omvat granieten en gneizen die tot de Seckauer gesteenten behoren. Deze zijn in het laatste deel van het Mesozoicum ontstaan. Figuur 3.

fig. 1. De ligging van Kraubath an der Mur in zuidoostelijk Oostenrijk.



Volgens F.X. Schaffer, 1951, is het oorspronkelijk diepgelegen ultramafische intrusieflichaam door dekbladverschuivingen opgenomen en in het overschuivingsvlak wigvormig naar het oosten meegevoerd. Het overschuivingsvlak waarlangs de verplaatsing van het intrusieflichaam heeft plaatsgevonden ligt ongeveer op de grens tussen de gesteenten van de Gleinalpe en de Seckauer gesteenten.

## De ultramafische gesteenten

Ultramafische gesteenten zijn stollingsgesteenten, die voor meer dan 90% bestaan uit mafische mineralen. Dit zijn voornamelijk ijzer-magnesium-mineralen, zoals olivijn, ortho- en clinopyroxeen, amfibool.

### Peridotiet

De hoofdmassa van het ultramafische massief bestaat uit peridotiet en uit door serpentinisatie van peridotiet ontstane serpentinit. Al naar gelang van de mate van serpentinisatie komen er hier allerlei overgangsstadia van peridotiet naar serpentinit voor. Vaak bestaat de peridotiet uit vrijwel alleen olivijn, met hier en daar verspreide chromietkorrels. Deze extreem olivijnrijke variant van peridotiet heet duniet. De kleur van deze dunietgesteenten is lichtgroen of geelgroen. In sommige stukken peridotiet treden er ook grote bruine kristallen met zijdeglans van het mineraal bronziet op. Zulk gesteente heet dan bronziet-peridotiet.

### Pyroxeniet (bronziet)

Een zeer opvallend gesteente alhier is pyroxeniet. Deze pyroxeniet is opgebouwd uit middelgrote tot grove bronzietkristallen. Bronziet is een orthorhombische pyroxeensoort die qua samenstelling intermediair is tussen enstatiet en hyperstheen:  $(Mg,Fe)SiO_3$ . De gestreepte, levendig glanzende slijtvlakken bij bronziet zijn soms gekromd en tonen in de richting van de slijting vaak knikken, waardoor er dan loodrecht op de streping reflecterende banden zijn. Daardoor ontstaat de min of meer chatoyerende glans bij zulke korrels. De reflectie zelf ontstaat door terugkaatsing van licht tegen uiterst fijne ilmenietinsluitels, die na de kristallisatie van deze orthopyroxen door ontmenging zijn ontstaan. (Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, 1978). In de steengroeve bij Preg treedt lokaal veel bronziet op.

### Serpentinit

Een groot deel van de ultramafische gesteenten is in dit gebied omgezet in serpentinit. Deze serpentinit ontstaat door hydrothermale omzetting van peridotieten gepaard