

Mineralen in dieptegesteenten

Al zijn er ook zo'n 2000 verschillende mineralen uit de aardkorst bekend, de mineralen die het gros van de dieptegesteenten uitmaken zijn gauw geteld. 99,9% van alle stollingsgesteenten wordt gevormd door een stuk of twintig mineralen. We noemen hier de meest algemene, die een ieder wel bekend zullen voorkomen: diverse vormen van SiO_2 , voornamelijk kwarts, de veldspaatgroep met kaliveldspaat en plagioklaas, veldspatoiden met o.a. nefelien, de glimmergroep met o.a. muskoviet en biotiet, de amfiboolgroep met o.a. hoornblende, de pyroxeengroep onderverdeeld in de monokliene clinopyroxenen, bijvoorbeeld augiet, en de orthorhombische orthopyroxenen, bijvoorbeeld enstatiet, en de olivijngroep.

Verdeeld over de stollingsgesteenten komen, volgens een grove schatting, de volgende percentages voor:

veldspaten	59,5 vol. %
pyroxenen en amfibolen	16,8
kwarts	12,0
biotiet	3,8
titaan-mineralen	1,5
apatiet	0,6

De mineralen van stollingsgesteenten kunnen als volgt worden onderverdeeld:

- hoofdmineralen - deze kenmerken het gesteente en bepalen er de naam van.
- nevenmineralen - deze preciseren het karakter van het gesteente, geven een aanvulling van de gesteentenaam, bv. hoornblende-graniet.
- accessorische mineralen - deze komen in kleine hoeveelheden in de gesteenten voor, bijv. zirkoon, apatiet, titaniet; ze komen niet in de naamgeving tot uitdrukking.
- secundaire mineralen - deze ontstaan uit de voorgaande, primaire mineralen, bijv. serpentijn uit olivijn, chloriet uit biotiet of hoornblende.

Wat hier in het algemeen is gezegd van mineralen uit stollingsgesteenten geldt ook voor dieptegesteenten in het bijzonder. Een opsomming van mineralen uit dieptegesteenten, voor zover we deze in onze beschrijvingen zullen tegenkomen, is te vinden in tabel I.

Mengreeksen

Een van de opvallendste eigenschappen bij gesteentevormende mineralen is het voorkomen van mengreeksen. Mineralen worden gedefiniëerd als vaste, chemische stoffen met een eigen chemische samenstelling, die gezamenlijk vrijwel de gehele aardkorst opbouwen. Komen ze kristalijn voor, en dat doen de meeste, dan zijn hun atomen gerangschikt in een regelmatig kristalrooster, dat uitwendige kristalvorm en optische eigenschappen bepaalt. De "eigen chemische samenstelling" uit de definitie moet iets ruim worden opgevat. Vele mineralen vormen een sterk verwante serie. Hierin bestaat een mogelijkheid tot vervanging van een bepaald chemisch element door een ander element. De elkaar vervangende elementen moeten dan wel eigenschappen bezitten waardoor vervanging mogelijk is, zoals een vrijwel gelijke grootte van de ionen. De samenstelling van de leden van zo'n serie ligt ergens

tussen die van de eindleden van de reeks in. Bij de eindleden van zo'n mengreeks komt dan het ene ofwel het andere vervangende element alleen voor. Bekende elkaar vervangende elementen in mengreeksen zijn: magnesium en ijzer, silicium en aluminium, aluminium en ijzer.

Van de meeste gesteentevormende mineralen bestaan mengreeksen. Zo zijn forsteriet (Mg_2SiO_4) en fayaliet (Fe_2SiO_4) onderling mengbaar. De tussenliggende vorm is olivijn, geschreven als $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$. (Mg, Fe) betekent, dat deze elementen elkaar vervangen, maar dat er meer Mg dan Fe aanwezig is, bij (Fe, Mg) overheerst het ijzer. Ook plagioklaas is een mengreeks. De samenstelling van de eindleden albiet en anorthiet is respectievelijk $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ en $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$.

Hiertussen zijn schakeringen mogelijk met alle mengverhoudingen tussen Na en Ca. De mengreeks is in zes trajecten verdeeld, ieder traject heeft een eigen naam.

Meestal wordt van een plagioklaas het calcium-gehalte in de Na-Ca-combinatie meegedeeld, uitgedrukt in het percentage waarmee het Ca-eindlid deelneemt: $\text{An}(\text{orthiet})$. Is de natrium voor 25% door calcium vervangen, dan noemt men deze plagioklaas een oligoklaas. Zijn anorthietgehalte is 25% : An_{25} .

De hele plagioklaasreeks, uitgedrukt in An-gehalten, is:

albiet	oligoklaas	andesien
$\text{An}_0 - 10$	$\text{An}_{10} - 30$	$\text{An}_{30} - 50$
labradoriet	bytowniet	anorthiet
$\text{An}_{50} - 70$	$\text{An}_{70} - 90$	$\text{An}_{90} - 100$

Een albietrijke (= natriumrijke) plagioklaas zoals oligoklaas kunnen we in graniet verwachten. Het verschil tussen twee bekende dieptegesteenten, dioriet en gabbro, berust op het onderscheid in het anorthietgehalte. Is, bij overigens dezelfde mineraalinhoud, de An groter dan 50, dan is het een gabbro. Is hij kleiner dan 50, een andesien, dan betreft het een dioriet. Het type plagioklaas geeft dus vaak een indicatie voor het soort gesteente.

Ook pyroxenen, amfibolen, glimmers, spinellen, granaten, toermalijnen vormen mengreeksen, sommige van deze groepen zelfs meer dan een.

De leden van sommige mengreeksen zijn bij temperatuur en druk zoals die aan het aardoppervlak gelden redelijk of goed stabiel. Maar vaak zijn tussenleden van een mengreeks bij een bepaald bereik van T en/of P stabiel en worden ze onstabiel wanneer deze factoren buiten kritische waarden vallen.

Zo zijn albiet ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) en kaliveldspaat (KAlSi_3O_8) bij hoge temperatuur onbeperkt mengbaar.

Maar bij langzame afkoeling is deze alkaliveldspaat alleen stabiel als het natrium-gehalte van de K-Na-combinatie niet hoger dan 15% is. Er is dus een kaliveldspaat (orthoklaas) tot Ab_{15} mogelijk. Aan de andere kant is een albiet met maximaal 20% kalium in de K-Na-combinatie bestaandbaar (Or_{20}). Mengvormen met tussenliggende samenstel-

MINERALEN VAN DIEPTEGESTEENTEN (voorkomend in deze uitgave)

groep I: felsisch, silikaten	kristalklasse	chemische samenstelling	bijzonderheden	nummer van de foto's
kwarts	trig.	SiO ₂		11, 12, 31, 34, 35, F, U.
alkaliveldspaat · orthoklaas · mikroklien · perthiet	monokl. trikl.	KAISi ₃ O ₈ " (K,Na) AISi ₃ O ₈	kan een % Na bevatten ontmengde K Na-veldspaat	34, F W 14, 15, F, H, I
plagioklaas · albiet · oligoklaas · andesien · labradoriet · bytowniet · anorthiet	trikl.	NaAISi ₃ O ₈ ↑ CaAl ₂ Si ₂ O ₈	wordt tot An ₅ tot alkalivsp.gerekend mengreeks	I 32, 34, F, G 7, 8, 17, 29, 30, 31 6, E 4, 27, 28
nefelen analcien sodaliet cancrieniet	hex. kub. kub. hex.	NaAISi ₃ O ₄ NaAISi ₂ O ₆ · H ₂ O 6 NaAISi ₃ O ₄ · NaCl 3 NaAISi ₃ O ₄ · CaCO ₃ + H ₂ O	bevat een zeker % K kan primair voorkomen lid van sodaliet-groep gevormd uit nef. en calciet	39, O, R 26
groep II: mafisch, silikaten				
olivijn-groep · forsteriet · olivijn · fayaliet	orthorh.	Mg ₂ SiO ₄ ↓ Fe ₂ SiO ₄	mengreeks, normaliter niet samen met kwarts	} voorplaat, 1, 2, 3, 4, 16, 17 21, 23, 27, 28, 29, D
orthopyroxeen-groep · enstatiet · bronziet · hyperstheen	orthorh.	MgSiO ₃ ↓ (Mg, Fe) SiO ₃	Mg-rijke opx vaak in ultramafische gest.	voorplaat, 3, 22, 25 6, E
clinopyroxeen-groep · diopsied · augiet · titaan-augiet · aegirien · aegirien-augiet	monokl.	Ca (Mg, Fe) (SiO ₃) ₂ id. + Al, Fe id, id. + Ti Na Fe (SiO ₃) ₂ tussen aeg. en aug. in	} moeilijk te onderscheiden iets violet gekleurd in slijppl. } „groene“ pyrox. in slijplaten	2, 24 27 4, 26, 37 38, 39
amfibool-groep · hoornblende · tremoliet · „barkevikiet“ · „arfvedsoniet“	monoklien	Ca, Mg, Fe, Al - silikaat + (OH) Ca, Mg, Fe - silikaat + (OH) Ca, Na, K, Fe, Mg, Al-silikaat + (OH) Na, Ca, Fe, Al - silikaat + (OH)	meest algemene amfibool met Ti: „kaersutiet“ een van de „blauwe“ amf. in slijppl.	7, 8, 9, 19, 20, 30-33, 40 25 23
glimmer-groep · muskoviet · flogopiet · biotiet	pseudo-hex. (monokl.)	KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂ K Mg ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂ K (Mg, Fe) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂	in dieptegest. minder alg. dan biotiet in kimberliet zeer alg., in vele dieptegest.	13, 35 24 7, 19, 30, 31, 33, 34, 36, 38, W
granaat-groep · bijv. pyroop	kub.	Mg ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	in peridotieten	2
toermalijn-groep · bijv. schörl	trig.	Na Fe ₃ B ₃ Al ₃ (Al ₃ Si ₆ O ₂₇) (OH, F) ₄	in sommige granieten en pegmatieten primair	13, 35, J
titaniet	monokl.	CaTiSiO ₅	accessorisch, alg.	9, 32
zirkoon	tetrag.	ZrSiO ₄	accessorisch, alg.	
serpentine-groep		Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	secundair uit olivijn, orthopyroxeen	22, 23, 28
chloriet-groep		(Mg, Al, Fe) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	secundair uit biotiet, hoornblende	20, 23, 31
epidoot-groep		Ca ₂ (Al, Fe) ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)	secundair uit plag. o.a.	
groep III: mafisch, niet-silikaten				
apatiet	hex.	3 Ca ₃ (PO ₄) ₂ · CaF ₂	accessorisch, zeer alg.	29, 36, 37
calciet	trig.	CaCO ₃	kan primair zijn, vaak secundair	B
spinel-groep · bijv. picotiet · bijv. magnetiet	kubisch	Fe "Cr AlO ₄ Fe "Fe" 2O ₄	donkerbruin	22
ilmeniet	hex.	Fe Ti O ₃	} „erts“ opaak onder de microscoop	16, 17, 29, 36, 37
hematiet	hex.	Fe ₂ O ₃		

lingen ontmengen, dat wil zeggen: ze krijgen vergroeiingsstructuren, lamellen bijvoorbeeld. Dit komt bij vele granietische gesteenten voor, zoals de foto's uitwijzen. (Zie bijv. foto 14 en I).

Veldspaten met K en Na in hun rooster noemt men alkali-veldspaten. De chemische formule is $(K, Na)(AlSi_3O_8)$, de komma tussen K en Na geeft aan dat beide componenten kunnen variëren.

Overigens is kaliveldspaat een verzamelnaam. Er komen drie modificaties van voor: een hoge-temperatuurvorm (HT) en twee lage-temperatuur (LT-) vormen. Bij snelle afkoeling, zoals bij lava-uitvloeiingen, krijgt de HT-vorm **sanidien** geen gelegenheid over te gaan in de LT-vorm. Bepaalde lava's bijv. rhyoliet, bevatten dan ook sanidien (monoklien). Bij langzamer afkoelen gaat de aanvanke-lijk gevormde sanidien over in orthoklaas (monoklien), de vorm die in lichte dieptegesteenten zeer algemeen is. In plaats van orthoklaas wordt ook vaak mikroklien gevormd, deze is triklien en onder de mikroscoop herkenbaar aan een typerende rasterstructuur, die veroorzaakt wordt door vertweelinging (foto W).

Tweelingen

Vertweelingde kristallen komen voor bij vele mineralen. Het zijn regelmatig georiënteerde vergroeiingen van twee kristalindividuen. De individuen kunnen langs een vlak (tweelingsvlak) verbonden zijn, dan zijn het contact- of aanrakingstweelingen, of ten opzichte van een gemeenschappelijke tweelingsas verdraaid zijn (doordringings-tweelingen). Bij herhaling van de vertweelinging ontstaan veelingen. Als de tweelingsvlakken evenwijdig aan elkaar liggen is er sprake van polysynthetische tweelingen. Veldspaten vertonen veel variatie in tweelingsvormen - zonder deze zouden ze vrijwel niet uit elkaar te houden zijn. Bij de plagioklazen is de tweelingsvorm volgens de albietwet kenmerkend: een kristalindividu is via het tweelingsvlak vergroeid met een andersom georiënteerd individu, een volgende is weer gericht als het eerste, het vierde als het tweede, en zo verder, waardoor polysynthetische tweelingen ontstaan. De even lamellen doven bij gekruiste nicols in een slijpplaatje gezamenlijk bij een andere stand uit dan de oneven dat doen (foto G).

Maar er komt nog een lamellaire vertweelinging bij plagioklazen voor, die ongeveer loodrecht op de albietvertweelinging staat en samen met deze kan voorkomen: vertweelinging volgens de periklienwet. Ook de rasterstructuur bij de kaliveldspaat mikroklien is te danken aan de combinatie albiet-periklienvertweelinging. Een derde tweelingsvorm, een heel belangrijke, is die volgens de carlsbadwet.

Er zijn hierbij doorgaans twee individuen, die elkaar meestal doordringen. Carlsbadtweelingen komen vaak voor bij sanidien, orthoklaas en de plagioklazen. Bij de laatste is de combinatie carlsbad-albiet heel gebruikelijk (foto 27-29). Dat we zo lang bij de veldspaten hebben stilgestaan heeft zijn reden.

Ze zijn de meest voorkomende mineralengroep, men schat dat ze 59% van het volume van de continentale korst uitmaken. Daarbij komt dat de hoedanigheden van de veldspaat vaak al de aard van het gesteente bepaalt. Bij de dieptegesteenten is dit zeker opvallend, zoals we zullen zien.

Plagioklazen zijn niet de enige gesteentevormende mineralen die lamellaire tweelingen vertonen. Ook bij monokliene pyroxenen en amfibolen, zoals augiet en hoornblende, komen ze vaak voor, evenals bij calciet.

Felsisch - mafisch: licht en donker

De mineralen van groep I uit de tabel: kwarts, veldspaten en de zg. veldspaatvervangers, zijn licht van kleur in het gesteente. Zij vormen de eerste hoofdgroep: de felsische (lichte) mineralen. In het slijpplaatje zijn ze bij evenwijdig gepolariseerd licht transparant en kleurloos, bij gekruiste nicols hebben ze lage of geen interferentiekleuren. Alle overige mineralen uit de tabel behoren tot de tweede hoofdgroep: die der mafische (donkere) mineralen. De kleurintensiteit van vele mafische mineralen neemt toe met het ijzerhalte. Met gekruiste nicols onder de mikroskoop bezien vertonen de meeste levendige interferentiekleuren: geel, rood, blauw, enzovoort. Ook hier zijn er bij, die niet oplichten: ze zijn isotroop en blijven zwart.

De mafische mineralen zijn met elkaar verantwoordelijk voor de kleurindex van het gesteente.

Kijken we naar de chemische formules die in de tabel achter de mineraalnamen staan, dan valt op dat al deze mineralen verbindingen van zuurstof (O) zijn.

De mineralen uit de groep I en II hebben het element silicium (Si) gemeen, het zijn silikaten. De silikaten maken samen het overgrote deel van de aardkorst uit.

Groep III bevat maar enkele mineralen, die echter wel algemene verschijningen in dieptegesteenten zijn: de niet-silikaten.

Het zijn een fosfaat (apatiet), een carbonaat (calciet) en enkele oxyden.

Oververzadigd - onderverzadigd

De veelgebruikte termen oververzadigd en onderverzadigd eisen enige toelichting. Kwarts, siliciumdioxide ofwel SiO_2 komt als mineraal in zeer veel gesteenten voor. Maar Si en O zijn ook bouwstenen van de silikaatmineralen en deze silikaatmineralen kunnen ofwel verzadigd zijn - dan was al de benodigde silicium en zuurstof in voldoende mate voorhanden, ofwel onderverzadigd, bij een te laag gehalte aan deze componenten. Mineralen als veldspaten noemt men verzadigd aan SiO_2 , pyroxeen eveneens. Maar de veldspaatvervangers (foiden) en ook olivijn, zijn onderverzadigd. Was er bij de kristallisatie meer SiO_2 aanwezig geweest, dan zouden er geen veldspaatvervangers, bijv. nefelien, gevormd zijn, maar het verzadigde equivalent, in dit voorbeeld: albiet, want: $NaAlSi_3O_8$ (nefelien) + $2SiO_2$ (kwarts) $\rightarrow NaAlSi_3O_8$ (albiet). Evenzo zou uit olivijn + kwarts pyroxeen gevormd zijn: Mg_2SiO_4 (forsteriet) + $SiO_2 \rightarrow 2MgSiO_3$ (enstatiet).

Gesteenten met veldspatoiden worden onderverzadigde gesteenten genoemd, gesteenten waarin vrije kwarts voorkomt zijn oververzadigd. Verzadigd zijn silikaatgesteenten waarin geen kwarts of veldspatoid wordt aangetroffen.