Zwerven door zwerfstenen

WERKGROEP ZWERFSTENEN, NEDERLANDSE GEOLOGISCHE VERENIGING
AFDELING UTRECHT EN 'T GOOI

Jan Russcher
Hans de Kruijk
Jan Lambert *vormgeving binnenwerk*

Inhoud

Woord vooraf 7

1 Inleiding 8

2 Drie hoofdgroepen van gesteenten 10
- Indeling 10
- Kenmerken van de drie hoofdgroepen 10

3 Gesteentevormende mineralen 14
- Inleiding 14
- Lichtgekleurde gesteentevormende mineralen 14
  - Kwarts 14
  - Veldspaten 15
- Donkergekleurde gesteentevormende mineralen 15
  - Glimmers 16
  - Amfibolen 16
  - Pyroxenen 17
  - Toermalijn 17
  - Olivijn 17

4 Stollingsgesteenten 18
- Ontstaanswijze 18
  - Vulkanische gesteenten 19
  - Dieptegesteenten 19
  - Ganggesteenten 20
- Structuurkenmerken 22
  - Pyroklastische structuur 22
  - Aphanitische structuur 23
  - Phaneritische structuur 23
- Mineralogische kenmerken 24
  - Kwarts 25
  - Donkere mineralen 25
  - Overige mineralen 28

5 Afzettings- of sedimentaire gesteenten 29
- Ontstaanswijze 29
- Klastische afzettingsgesteenten 29

Chemische afzettingsgesteenten 30
Organogene afzettingsgesteenten 30
Structuurkenmerken 30
Indeling en voorbeelden 31

6 Omzettings- of metamorfe gesteenten 36
Ontstaanswijze 36
Beschrijving van enkele specifieke structuurkenmerken 37
Beschrijving van enkele mineralen 38
Beschrijving van de omzettingsgesteenten 39
Metamorfe gesteenten gevormd uit kleihoudende sedimenten 40
Metamorfe gesteenten gevormd uit niet kleiige sedimenten 41

7. Varia 45
Verkiezelingen, concreties en geologische verschijnselen

8. Zwerfstenen en gidsgesteenten 49
Inleiding 49
Noordelijke zwerfstenen 51
Zuidelijke en oostelijke zwerfstenen 54

Tabellen
I Indeling gesteenten in drie hoofdgroepen aan de hand van structuurkenmerken 11
II Indeling stollingsgesteenten met behulp van structuurkenmerken 21
III Indeling kwartshoudende stollingsgesteenten 26
IV Schattingskaart 'Percentage donkere mineralen' 27
V Indeling afzettingsgesteenten 32
VI Zichtbare kenmerken en mineralen van metamorfe gesteenten 42
VII Herkomstgebieden noordelijke gidsgesteenten 52
VIII Herkomstgebieden zuidelijke en oostelijke gidsgesteenten 56

Fotopagina's
Mineralen 58
Stollingsgesteenten 66
Afzettingsgesteenten 82
Omzettingsgesteenten 92
Varia 100

Fotoregister gesteenten 109
Geraadpleegde literatuur 112
Zwerfstenensites 112
Enkele musea met een geologische afdeling 113

Woord vooraf

Deze uitgave is bedoeld voor hen die geïnteresseerd zijn in stenen en daar nog niet veel vanaf weten. Natuurlijk zijn er al heel wat goede boeken over stenen geschreven, maar wij hebben gemeend dat deze uitgave een goede ingang is voor de onervaren stenenliefhebber. We vertellen op een eenvoudige manier over de ontstaanswijze van gesteenten. We hebben daarbij met voorbeelden aangegeven hoe dat tot heel verschillende stenen kan leiden. U vindt in deze uitgave geen revolutionaire theorieën over de vorming van gesteenten. Daar zijn andere boeken voor.
Zoals bekend is Nederland slecht voorzien van vaste rots, toch hebben rivieren en gletsjers ervoor gezorgd dat er heel wat stenen in Nederland terecht zijn gekomen. We noemen dat zwerfstenen. De tekst is zoveel mogelijk geïllustreerd met foto's van zwerfstenen die in Nederland zijn gevonden.
Hoe is deze uitgave tot stand gekomen? Als werkgroep van de afdeling Utrecht en 't Gooi van de Nederlandse Geologische Vereniging bespraken we met een groepje enthousiaste verzamelaars regelmatig onze gevonden zwerfstenen. We dwongen onszelf een duidelijke beschrijving te geven van die stenen. En dat is nog niet zo gemakkelijk. We besloten dat op een systematische wijze aan te pakken en begonnen te schrijven aan een handleiding voor eigen gebruik. Vanzelfsprekend gebruikten we daarvoor de bestaande literatuur. En de handleiding werd groter en groter. Er ontstond een document waarin de kenmerken van de verschillende gesteenten werden benoemd. Tegelijkertijd kregen we enthousiaste reacties van mensen in onze omgeving die niet geologisch waren geschoold, maar altijd al wat meer wilden weten over de stenen die ze vonden of in musea tegenkwamen. Men vroeg ons om een boekje te maken dat in bredere kring zijn weg kon vinden. Tot dan waren de volgende personen gedurende kortere of langere tijd lid van de werkgroep: Wim de Bruin, Joep Hulst †, Fons Keurntjes, Kees Klokkenburg †, Hans de Kruijk, Roel Otto, Jan Russcher en Herman Vis †. De afronding van deze uitgave hebben Hans de Kruijk, Jan Russcher en Jan Lambert op zich genomen. De meeste foto's zijn gemaakt van stenen van de werkgroep. Een aantal foto's van zogenaamde gidsgesteenten komt uit de collectie van Geologisch Museum Hofland. We bedanken daarvoor Berend Jan Grotenhuis. Waardevolle redactionele adviezen kregen we van Marieke Lambert. Inhoudelijke advies gaf Henk Helmers, jarenlang als geoloog verbonden aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, nu medewerker bij Geologisch Museum Hofland. We willen beiden daarvoor hartelijk bedanken.
Bijzonder erkentelijk zijn we de Nederlandse Geologische Vereniging om ons werk als een special van Grondboor en Hamer uit te geven.

1 Inleiding

Vanuit geologisch standpunt bekeken is Nederland één grote delta van vroeger soms woest stromende rivieren, waarin de afbraakproducten van veraf gelegen gebergten in de vorm van klei, zand, grind en stenen zijn afgezet. Voor Napoleon was Nederland het kleine landje dat 'slechts' een aanslibsel was van de Franse rivieren. Vanuit Scandinavië kwam 150.000 jaar geleden het landijs als een gletsjer over vrijwel de gehele noordelijke helft van ons land geschoven. Dat heeft zijn sporen achtergelaten in de vorm van stuwwallen, smeltwaterdalen, keileem en veel zwerfstenen.

Zand– en grindwinning te Wissel, Duitsland

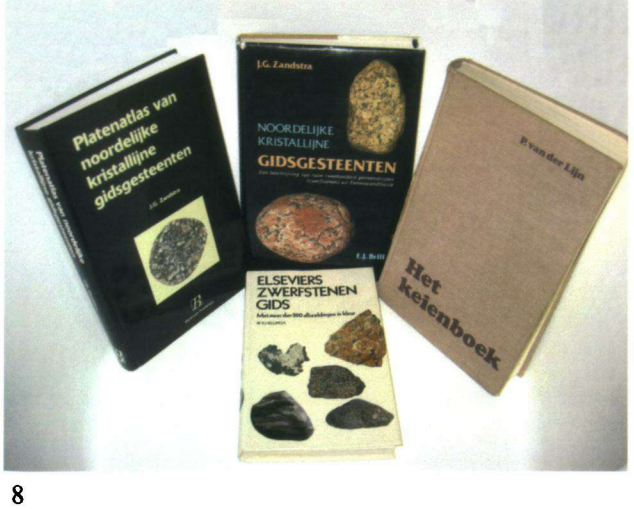
Met andere woorden de bodem van Nederland is één grote vergaarbak van elders gevormde gesteenten.

Dat de rijkdom en diversiteit van die zwerfstenen groot is, kun je zien op zand- en grindwinningslocaties. Voor zwerfsteenliefhebbers is dit bijzonder aantrekkelijk.

Na het oprapen van een zwerfsteen wil je graag weten wat voor gesteente het is en waar die steen vandaan komt. Dat laatste is meestal niet gemakkelijk te bepalen. Zwerfstenen kunnen echter wel kenmerken hebben die heel specifiek zijn voor een bepaald herkomstgebied. Een voorbeeld zijn de rhombenporfieren uit het Oslogebied. De structuur van die stenen is zo specifiek dat je direct weet waar die steen vandaan komt.

Rhombenporfier

Maar als een steen niet die specifieke kenmerken heeft wordt het al een stuk moeilijker. Om iets te kunnen zeggen over de herkomst van een zwerfsteen moet je over aardig wat kennis van gesteenten beschikken. Het bestuderen van gedocumenteerde gesteentencollecties in musea is een goede manier om die kennis op te doen. Ook zijn er verschillende nederlandstalige boeken waarin veel over zwerfstenen geschreven staat, zoals het boek 'Noordelijke kristallijne gidsgesteenten' van Zandstra, later aangevuld met een prachtige platenatlas.



Omdat zwerfstenen zijn losgeraakt van het omringende gesteente missen we een belangrijke informatiebron voor het determineren van de steen. De zwerfsteenzoeker zal tevreden moeten zijn met de informatie die de steen zelf geeft en die is nooit compleet. Toch kun je vaak wel bepalen wat voor 'soort'

steen het is. Hiervoor zijn geen ingewikkelde hulpmiddelen nodig. Met een hamer, een loep (vergroting 10x), een spijker en verdund zoutzuur (10%) kom je een heel eind.
Belangrijke kenmerken van gesteenten zijn de zichtbare kristallen en de manier waarop die in de steen te zien zijn, zoals de verschillen in grootte en verdeling.
Het is bekend dat gesteenten met dezelfde ontstaanswijze in kleur kunnen verschillen. Genoeg reden om met de kleur terughoudend te zijn bij het determineren.

Zoutzuur

In deze uitgave zullen de volgende onderwerpen worden besproken:

- In hoofdstuk 2 de kenmerken van de drie hoofdgroepen van gesteenten: de stollings-, de afzettings- en de omzettingsgesteenten;
- In hoofdstuk 3 de belangrijkste gesteentevormende mineralen. De kennis daarvan komt bij iedere beschrijving van een gesteente van pas;
- In de hoofdstukken 4, 5 en 6 wordt dieper ingegaan op de ontstaanswijze en de structuurkenmerken van de gesteenten;
- In hoofdstuk 7 worden enkele bijzondere verschijningsvormen van gesteenten vermeld;
- In hoofdstuk 8 beschrijven we zwerfstenen die vanuit het noorden of zuiden in Nederland terecht zijn gekomen.

De beschrijving van de gesteenten is zoveel mogelijk geïllustreerd met foto's van zwerfstenen.

2 Drie hoofdgroepen van gesteenten

Indeling

Gesteenten worden ingedeeld in drie hoofdgroepen, gebaseerd op de wijze waarop ze zijn ontstaan.
Die hoofdgroepen zijn:
1: Stollings- of magmatische gesteenten;
2: Afzettings- of sedimentaire gesteenten;
3: Omzettings- of metamorfe gesteenten.
In de hoofdstukken 4, 5 en 6 wordt nader ingegaan op de kenmerken van stenen binnen die drie hoofdgroepen. In de meeste gevallen zal het niet al te veel problemen opleveren een gevonden steen bij een van de drie hoofdgroepen onder te brengen. Dat het echter niet altijd eenvoudig gaat, zal iedere amateurgeoloog uit eigen ervaring moeten toegeven. Het zal velen van ons wel eens zijn overkomen dat, tijdens het determineren van een gesteente, er opeens twijfels waren over de juistheid van de benoemde hoofdgroep. Zoals zo vaak speelt ook hier ervaring een woordje mee. Deze ervaring is alleen te verkrijgen door veel stenen te bekijken. Het is aan te bevelen er een stukje vanaf te slaan zodat een vers breukvlak ontstaat. Maak vervolgens het breukvlak nat. Stel vast welke kenmerkende eigenschappen de steen heeft, zoals structuur en mineraalinhoud. Voeg eventueel een druppeltje verdund zoutzuur toe; een bruisreactie wijst op kalk. Raadpleeg ten slotte de literatuur. Juist in de beginfase van een determinatie is het van belang niet op het verkeerde spoor terecht te komen. Hiertoe is in tabel I een aantal kenmerken vermeld waarmee het onderscheid tussen de drie hoofdgroepen van gesteenten kan worden gemaakt. Men moet zich echter wel realiseren dat de kenmerken uit die tabel niet in alle gevallen uitkomst bieden. Niet iedere steen vertoont de kenmerken zo duidelijk als je zou willen.

Bruisend koraal in zoutzuur

Kenmerken van de drie hoofdgroepen

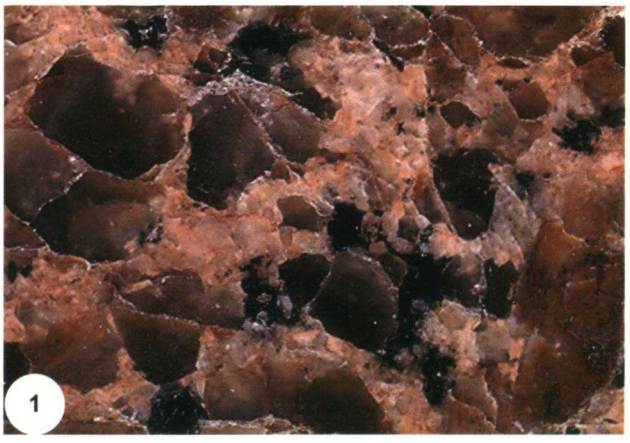
In tabel I staan in de eerste kolom de belangrijkste structuurkenmerken vermeld die in gesteenten kunnen voorkomen. Van ieder kenmerk zijn voorbeelden genoemd die verderop in de tekst worden besproken. Tevens is aangegeven in welke hoofdgroepen de kenmerken voorkomen. Voor de duidelijkheid is van ieder kenmerk op de volgende pagina's een foto geplaatst.

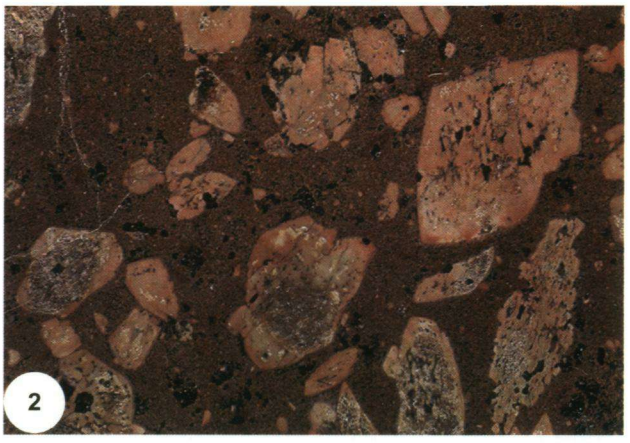
Tabel I Indeling gesteenten in drie hoofdgroepen aan de hand van structuurkenmerken

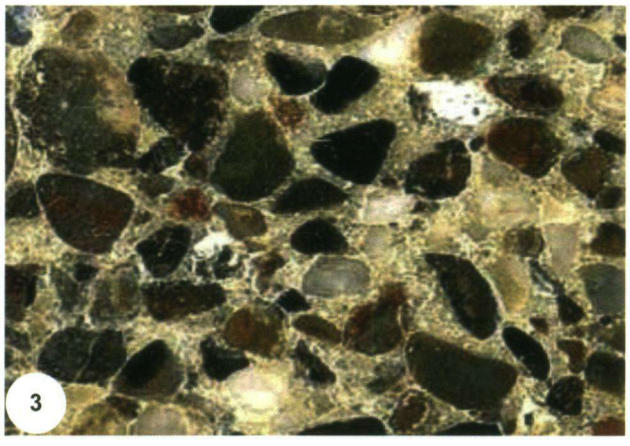
Kenmerken \ Gesteente	1 Stollings-gesteente	2 Afzettings-gesteente	3 Omzettings-gesteente	foto nr. pag. 12/13
kristallijn	+ graniet	+ zandsteen	+ gneis	1
porfirisch/porfiroblastisch	+ porfier	-	+ gneis	2
korrels, rolstenen of gesteentefragmenten aaneengekit	-	+ conglomeraat exogene breksie	-	3
glasachtig	+ obsidiaan	-	-	4
blaasholtes (wel of niet opgevuld)	+ melafier puimsteen	-	-	5
spleetopvullingen (kwartsaders, calcietaders)	+	+	+	6
sortering op korrelgrootte	-	+ zandsteen	-	7
gebandheid door evenwijdige oriëntatie van mineralen	-	-	+ gneis	8
splijtvlakken	-	+ schalie	+ lei, fylliet	9
breuk, verbrijzeling	-	+ endogene breksie	+ myloniet	10
plooiing, vervorming	-	-	+ schist	11
vloeistructuur	+ ignimbriet	-	-	12
fossielen of afdrukken daarvan	-	+ kalksteen	-	13
breukvlak 'borstplaatachtig'	-	-	+ kwartsiet	14

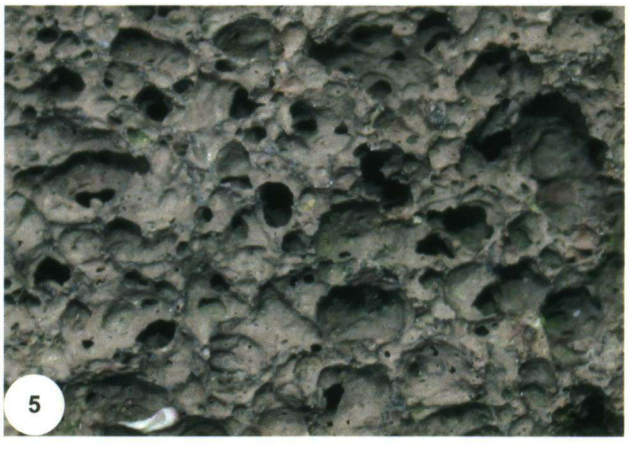
- kenmerk komt niet voor bij de desbetreffende hoofdgroep van gesteenten
+ kenmerk kan voorkomen bij de desbetreffende hoofdgroep van gesteenten

Structuurkenmerken van gesteenten [zie tabel I]



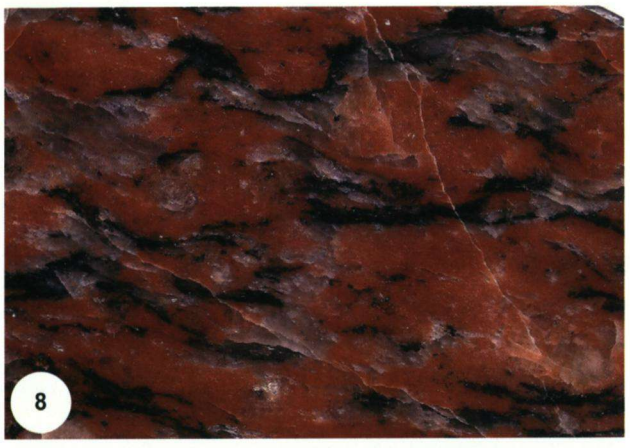


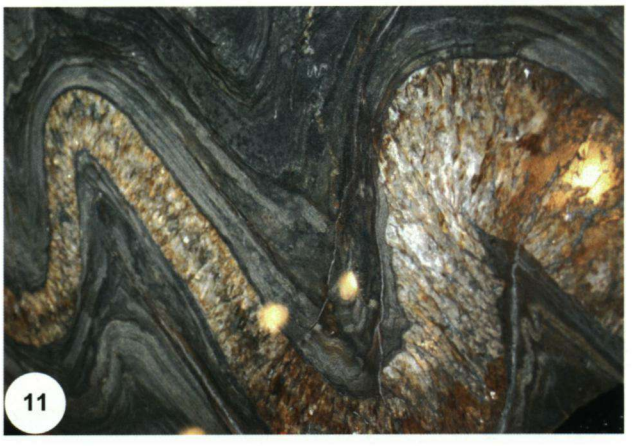


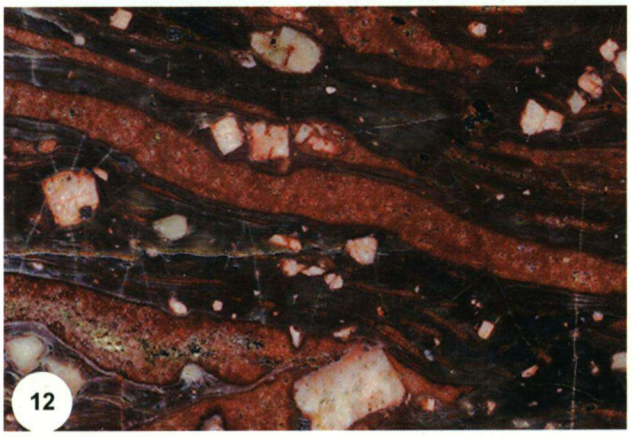


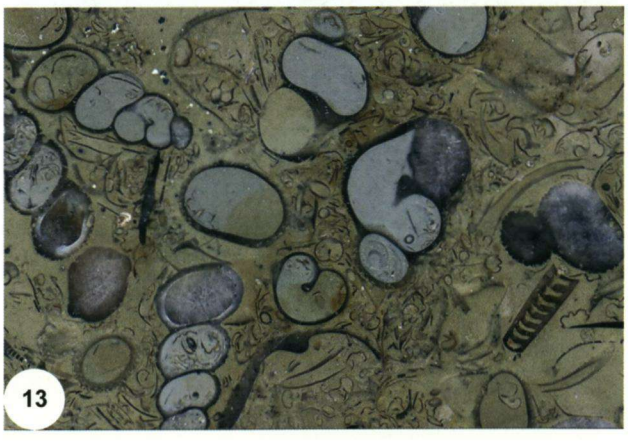
1. Kristallijn: de afzonderlijke kristallen zijn duidelijk zichtbaar
2. Porfirisch: grote kristallen in een fijne matrix
3. Steentjes aaneengekit: conglomeraat
4. Glas met schelpachtige breuk: obsidiaan
5. Holtes door gassen in lava
6. Spleetopvulling: kwartsaders
7. Gelaagdheid door verschillen in korrelgrootte

Structuurkenmerken van gesteenten [zie tabel I]









8. Gebandheid door oriëntatie van mineralen

9. Splijtvlakken

10. Verbrijzeling

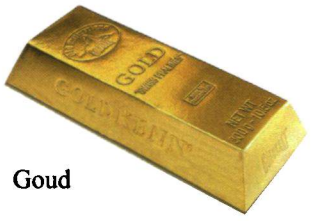
11. Plooiing

12. Vloeistructuur

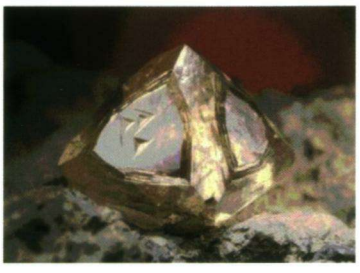
13. Fossielen of afdrukken hiervan

14. Breukvlak borstplaatachtig

3 Gesteentevormende mineralen



Goud


Diamant

Bergkristal (kwarts)

Inleiding

Om een gesteente te kunnen determineren is kennis van de belangrijkste gesteentevormende mineralen noodzakelijk. Een gesteente is namelijk opgebouwd uit één of meerdere mineralen. Mineralen zijn verbindingen van één of meer chemische elementen die door processen in de aardkorst zijn uitgekristalliseerd. De meeste mineralen bestaan uit meerdere elementen. Slechts enkele bestaan uit één element zoals goud, zwavel en diamant. Belangrijke determinatiekenmerken voor mineralen in een gesteente zijn kristalvorm, splijtrichtingen, glans en kleur. Die kenmerken kunnen het best worden bestudeerd op een vers breukvlak. Door de steen meerdere keren te draaien krijg je een idee van de vorm van de kristallen. Met gebruik van de juiste lichtinval worden bovengenoemde kenmerken in het reflecterende licht vaak goed zichtbaar.

Een ander belangrijk kenmerk is de hardheid van het mineraal. Een eerste indicatie daarvoor krijg je door te krassen met een mes, spijker of een vingernagel.

Een kristal, dat zonder belemmeringen vrijuit heeft kunnen groeien, ontwikkelt natuurlijke kristalvlakken en wordt 'euhedrisch' genoemd (foto's 5 & 7a). Als een kristal tijdens de groei wordt gehinderd bij de vorming van natuurlijke kristalvlakken, wordt het 'anhedrisch' genoemd. De anhedrische kristalvorm komt verreweg het meest voor.

De meeste gesteenten bestaan uit maximaal vijf gesteentevormende mineralen.

Grofweg worden de gesteentevormende mineralen in twee groepen verdeeld:

- licht gekleurde gesteentevormende mineralen;
- donker gekleurde gesteentevormende mineralen.

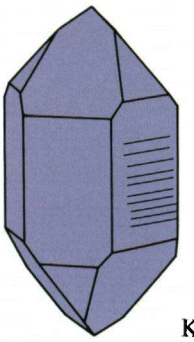
Die twee groepen van mineralen worden hierna beknopt beschreven. In mineralengidsen wordt dit uitvoeriger behandeld.

Lichtgekleurde gesteentevormende mineralen

Kwarts

Het mineraal kwarts is meestal kleurloos, wit of grijs. De niet bestaande en daardoor misleidende kleur van heldere kwarts varieert met de kleur van de achtergrond. Op de prismavlakken is soms een dwarsstreping te zien. Dit is het resultaat van het proces van

aangroeien van het kristal. In bepaalde uitvloeiinggesteenten, bijvoorbeeld in rhyolieten, kristalliseert kwarts vaak uit als kleine zesvlakkige dubbelpiramides. Duidelijk herkenbare kristalvlakken zijn in gesteente vaak niet te zien.
Kwarts heeft geen duidelijke splijtvlakken. Een breuk is schelpvormig met een kaarsvetachtige of glasachtige glans (foto 1a). Dit karakteristieke kenmerk kan het beste worden waargenomen op een vers breukvlak. Kwarts biedt bijzonder veel weerstand tegen allerlei chemische invloeden. Het verweert dan ook nauwelijks. Daarom vallen tussen meer verweerde mineralen de glanzende kwartskristallen op.

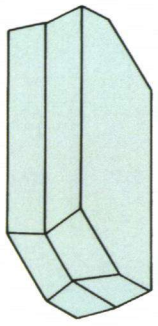


Kwartskristal; dubbelpyramide

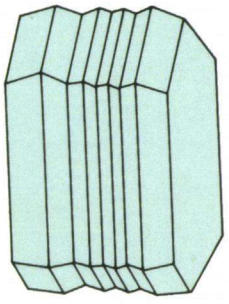
Veldspaten

Veldspaten zijn in het algemeen lichtgekleurd. Zowel kaliveldspaat (kalium/natrium-aluminiumsilicaat) alsook mineralen uit de groep plagioklaas (natrium/calcium-aluminiumsilicaat) kunnen een zelfde kleur hebben, vaak wit. Determinatie van deze twee veldspaten, op grond van kleur alleen, is daardoor moeilijk. In gesteenten waarin zowel kaliveldspaat als plagioklaas voorkomen is onderscheid op kleur tussen die twee vaak wel mogelijk. Kaliveldspaat is dan vaak roze of bruinachtig van kleur en plagioklaas wit tot crèmeachtig of grijs.
Orthoklaas is een bekende kaliveldspaat; andere voorbeelden van kaliveldspaat zijn microklien en sanidien.
De plagioklazen vormen een reeks waarbij de gehalten aan natrium en calcium bepalend zijn voor de aard van het mineraal. De uitersten van de reeks zijn albiet met alleen natrium in het kristalrooster en anorthiet met alleen calcium in het kristalrooster.
Het verweerde oppervlak van veldspaatkristallen heeft meestal een dof of krijtachtig uiterlijk. Veldspaten in bepaalde gabbro's zijn meestal donkergrijs van kleur als gevolg van kleine insluitsels. Als veldspaat vroeg in een smelt uitkristalliseert zijn de tablet- of doosvormige (tabulaire) kristallen goed ontwikkeld en in het gesteente te herkennen (foto's 2 & 3). Veldspaat kent twee goede splijtrichtingen die vrijwel loodrecht op elkaar staan. Als gevolg daarvan breekt een veldspaatkristal volgens een karakteristiek trappatroon (foto 2a). Op een vers breukvlak is dit met de loep goed waar te nemen.
Bij zowel kaliveldspaat als plagioklaas treden nogal eens vergroeiingen op van twee kristallen volgens een recht vlak, evenwijdig aan het grootst ontwikkelde kristalvlak. Aan beide zijden van dit vergroeiingvlak wordt licht in verschillende richtingen gere-

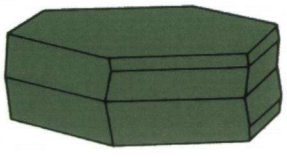
Veldspaatkristallen



Oligoklaas: enkelvoudige albiettweeling

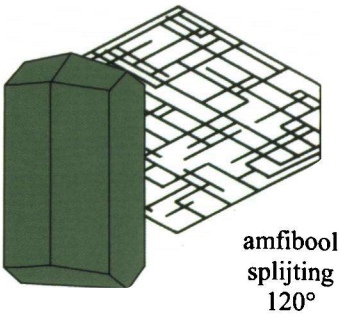


Plagioklaas: polysynthetische tweelingen



Biotiet

Muscoviet



Tweelingkristal

flecteerd (foto 2b). Hoewel deze (enkelvoudige) tweelingkristallen het best in een vers breukvlak zijn te zien, zijn deze ook nog wel in het verweerde oppervlak van een steen te herkennen. Een bekend voorbeeld is de albiettweeling bij plagioklaas. Naast die enkelvoudige tweelingkristallen kan plagioklaas ook veelvuldig samengestelde (lamellaire; polysynthetische) tweelingen vormen. Deze zijn herkenbaar aan de strepen op de splijtvakken (foto 3a). In tegenstelling tot de enkelvoudige tweelingen zijn lamellaire tweelingen veel moeilijker in een steen te herkennen. Ze zijn echter wel karakteristiek voor plagioklaas.

Donkergekleurde gesteentevormende mineralen

Glimmers

Glimmers of mica's vormen uitgesproken bladvormige kristallen en zijn gemakkelijk in een gesteente te herkennen. Glimmers bezitten een perfecte, kenmerkende splijting. Zonder al te veel moeite zijn de blaadjes van een glimmerkristal van elkaar te scheiden, vandaar ook wel de naam bladsplijters. Een breukvlak dwars op de natuurlijke splijtrichting laat de typisch boekvormige opbouw van een glimmerkristal zien (foto 4a). Een opmerkelijke eigenschap van glimmers is, dat de blaadjes enigszins elastisch zijn. Splijtvlakken in een gesteente, bezet met evenwijdig georiënteerde micaplaatjes, zijn vaak wat gegolfd. Op een vers breukvlak, in reflecterend licht, is dit goed te zien als glanzende oppervlakken (foto 4b). De meest voorkomende glimmer, biotiet, bezit een diep bruin-zwarte kleur (foto 4). Daarentegen is muscoviet vrijwel kleurloos en transparant. Toch wordt ook muscoviet tot de donkere mineralen gerekend. Het verweerde oppervlak van muscoviet- en biotietkristallen vertoont vaak een goudgele kleur.
Biotiet kan in de loop van de tijd worden omgevormd naar chloriet, een groengekleurde mica.

Amfibolen

In de meeste stollingsgesteenten zijn amfibolen zeer donker gekleurd (van zeer donkerbruin of groenzwart tot pikzwart). Een amfibool die veel voorkomt is hoornblende. De amfiboolkristallen in ideale vorm zijn langprismatisch (foto 5) en bezitten twee splijtrichtingen die een kenmerkende hoek van ± 120° vormen. Kristallen hebben een enigszins zijdeachtige glans (foto 5a). Vezelige amfibool komt voor in aders en op breukvlakken.
Ook bij de amfibolen komen tweelingen voor.

Pyroxenen

De kristallen van pyroxenen zijn meestal kortprismatisch. Een dwarsdoorsnede is in zijn ideale vorm achthoekig. Een pyroxeen die veel voorkomt in stollingsgesteenten is augiet (foto 6).
Pyroxenen hebben twee splijtrichtingen die een kenmerkende hoek van ± 90° vormen. De splijthoek is met het blote oog meestal niet goed te herkennen. Je moet daar een beetje geluk mee hebben (foto 6a). De kleur van pyroxenen is groen-zwart tot pikzwart en verschilt niet veel van die van de amfibolen. Pyroxenen zijn over het algemeen iets doffer van glans dan amfibolen.

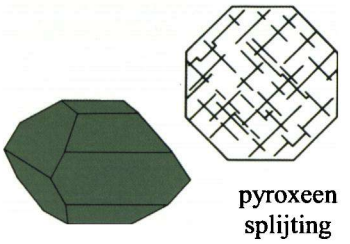
Toermalijn

Enkele van de gesteenten waarin dit mineraal voor kan komen zijn graniet en pegmatiet, vaak in de vorm van zuiltjes met een driehoekige doorsnede (foto's 7 & 7a).
Toermalijn bevat vele elementen in wisselende hoeveelheden en kan daardoor diverse kleuren hebben. Meestal is de kleur donkergroen tot blauwzwart door aanwezigheid van magnesium en ijzer.
Toermalijn heeft geen waarneembare splijting. Wel is, als gevolg van groei van het kristal, een duidelijke lengtestreping op de prismavlakken te zien.

Olivijn

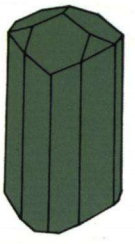
Olivijn is een kenmerkend mineraal in basische stollingsgesteenten. Het komt voor in bijvoorbeeld basaltlava (foto 8). De losse kristallen zijn meestal klein en soms alleen met de loep waarneembaar. Kenmerkend voor olivijn is de geelgroene kleur. Olivijn is transparant en heeft, evenals kwarts, geen overheersende splijtrichting. Het breukvlak is vaak schelpvormig. Olivijnkristallen zijn kortprismatisch met piramides aan de uiteinden.
Olivijn wordt vaak, onder hoge druk en temperatuur, met water en CO_2 omgezet naar serpentijn. Hierbij komt ijzer vrij dat oxideert, waarbij oranje-bruine randjes of zwarte korrels gevormd worden.

Amfibool: Hoornblende

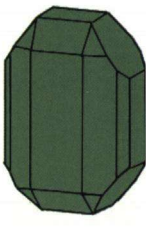


pyroxeen splijting 90°

Pyroxeen:Augiet

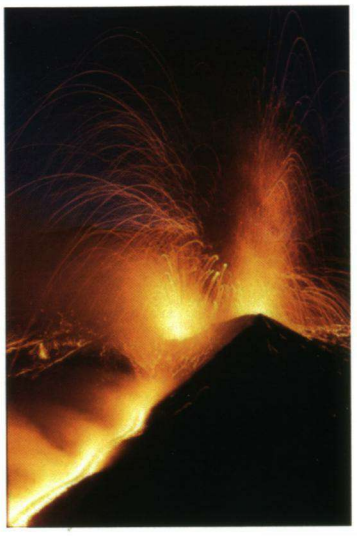


Toermalijn



Olivijn

4 Stollingsgesteenten



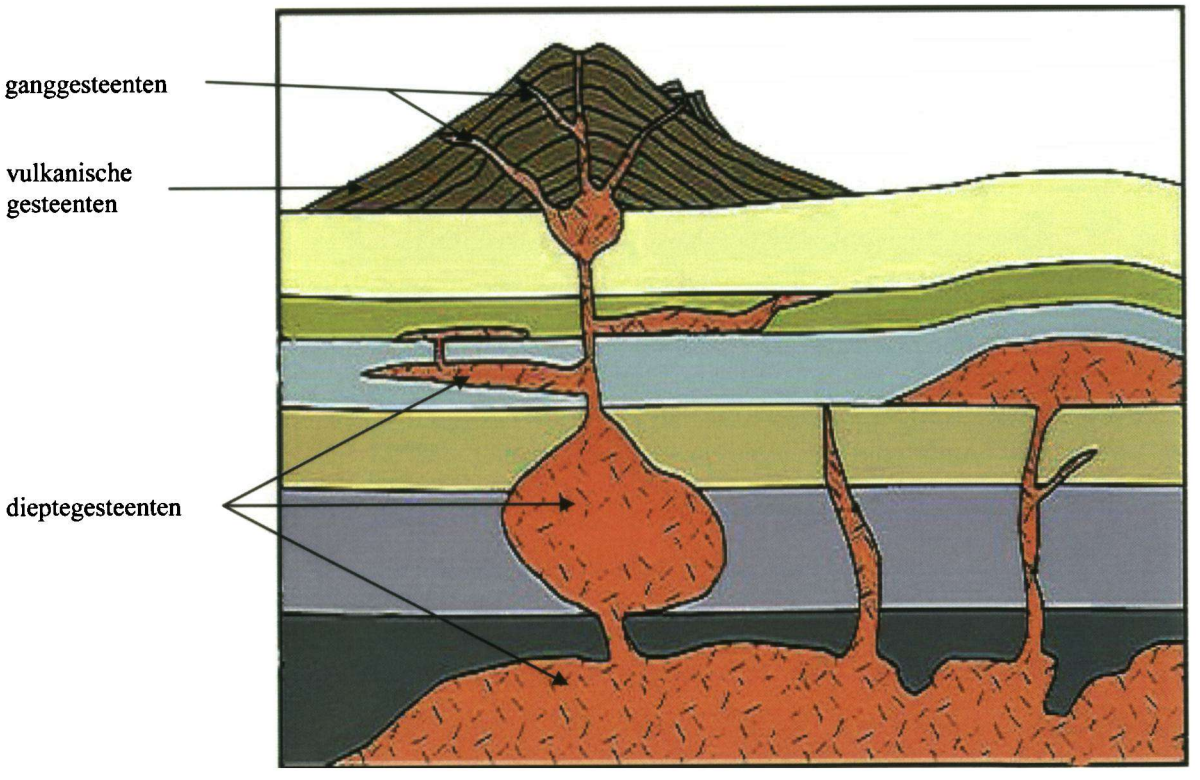
De Etna bij nacht

Ontstaanswijze

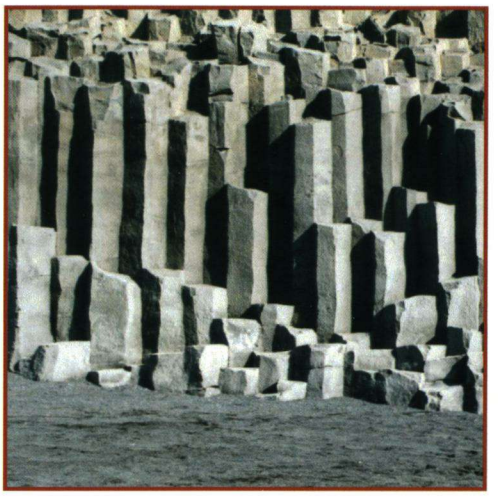
Zoals de naam al zegt ontstaan stollingsgesteenten door het stollen van magma. Magma is een gloeiend hete, taai vloeibare, en gasrijke massa diep in de aarde. De structuur en mineralogische samenstelling van stollingsgesteenten worden voornamelijk bepaald door de samenstelling van het magma en door de snelheid waarmee het afkoelt op weg naar en aan het aardoppervlak.
Stollingsgesteenten worden onderverdeeld in:

- vulkanische gesteenten;
- dieptegesteenten;
- ganggesteenten.

Die onderverdeling is gebaseerd op de plaats waar magma, op weg naar het aardoppervlak, stolt tot een gesteente.



De plaatsen waar stollingsgesteenten worden gevormd



Links: lava
Rechts: basaltzuilen

Vulkanische gesteenten

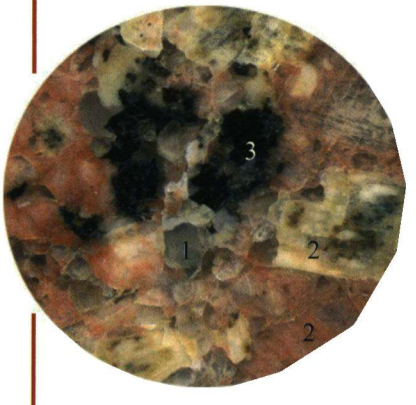
Wanneer magma aan het aardoppervlak of op de bodem van de zee naar buiten treedt wordt het lava genoemd. Als de lava heel snel afkoelt en ontgast wordt er een gesteente gevormd met een glasachtig uiterlijk (foto 16, obsidiaan). Bij minder snelle afkoeling van de lava wordt er een gesteente gevormd met een microkristallijne structuur, bijvoorbeeld basalt (foto 17). Magma met de samenstelling van basalt zal bij afkoeling aan de lucht leiden tot de vorming van zeshoekige zuilen. Als er geen ontgassing plaatsvindt vormt zich een gesteente met vele kleine holtes (foto 19, lavasteen).

Vaak zijn er in vulkanische gesteenten ook grotere kristallen te zien. Deze kristallen die 'eerstelingen' of 'fenokristen' worden genoemd, zijn ingebed in de grondmassa, de matrix. Die eerstelingen zijn in de diepte gevormd en tijdens het naar boven komen door het magma meegebracht. Een structuur met grotere kristallen in een fijne grondmassa heet porfirisch.

Een ander type vulkanisch gesteente wordt gevormd bij uitbarstingen van explosieve aard, waarbij het hete magma fragmenteert. Na terugvallen op aarde wordt door samenklontering van as en gesteentefragmenten een nieuw gesteente gevormd, een tuf (foto 11, tufsteen). Ook wordt dit gesteente wel bij de afzettingsgesteenten ondergebracht. Voor beide opvattingen is wat te zeggen.

Dieptegesteenten

Wanneer opstijgend magma er niet in slaagt door de aardkorst heen te breken, maar onderweg blijft steken, zal het afkoelingsproces van het magma veel langzamer verlopen omdat de omgevingstemperatuur in de korst hoger is dan aan het aardoppervlak.



Graniet opgebouwd uit:
1. kwarts
2. veldspaat
3. glimmer (biotiet)

De kristallen krijgen onder die condities meer tijd om te groeien. Het resultaat daarvan is een grofkorreliger gesteente. Graniet is een bekend voorbeeld van een gesteente dat 'in de diepte' is gevormd. Door bewegingen in de aardkorst en verwering van bovenliggend gesteente kan het oorspronkelijke dieptegesteente aan de oppervlakte komen te liggen.

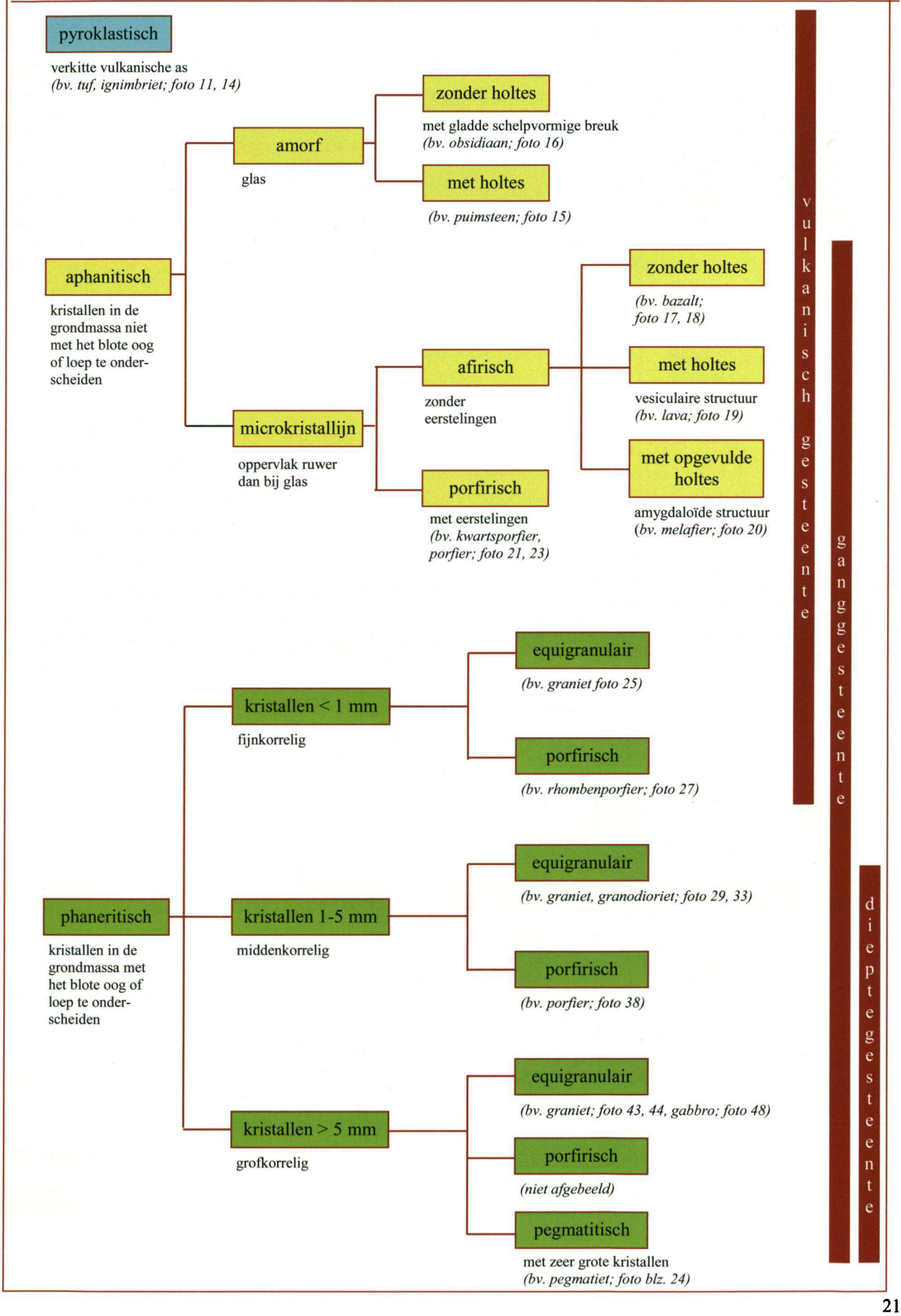
Diabaas
Op het verweringsoppervlak is de plagioklaas als witte vlekken te zien.

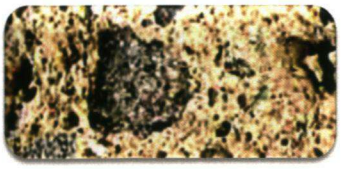
Ganggesteenten

Een tussenpositie qua ontstaanswijze en korrelgrootte nemen de ganggesteenten in. Hierbij stolt het magma op weg naar het aardoppervlak in spleten en langs breukvlakken, vaak in plaatvormige lichamen. De afkoeling van het magma verloopt in die omstandigheid sneller dan bij dieptegesteenten, maar langzamer dan bij vulkanische gesteenten. Afhankelijk van de plaats waar het magma stolt, dieper in de aardkorst of meer nabij het aardoppervlak, zal de structuur ervan meer op die van de 'echte' diepte- of op vulkanische gesteenten lijken. In een ganggesteente zullen mineralen sneller groeien dan in een dieptegesteente en daardoor vaak in elkaar groeien. Een veel voorkomend ganggesteente is diabaas, waarin vaak een kam– tot tandvormige vergroeiing van plagioklaas en pyroxeen of amfibool is te zien.
De naam diabaas werd vaak gebruikt voor een grote groep basische ganggesteenten. In de huidige naamgeving van gesteenten is dat niet meer het geval en mag de term diabaas alleen nog worden gebruikt voor een fijnkorrelige gabbro.
Het zal duidelijk zijn dat het heel moeilijk is, zoniet onmogelijk, om van een losgeraakt gesteente de juiste plaats van vorming te achterhalen. Immers gegevens van het oorspronkelijke omringende gesteente zijn niet meer voorhanden.
Andere voorbeelden van ganggesteenten zijn apliet en pegmatiet. Apliet komt meestal voor in smalle gangen (max. 0,5 meter), is zeer fijnkorrelig (snelle afkoeling) en bestaat vooral uit veldspaat en kwarts.
Pegmatiet is een uiterst grofkorrelig gesteente en komt voor in brede gangen. Het heeft meestal een granitische samenstelling met een hoog percentage kaliveldspaat en kwarts.

De structuurkenmerken zijn het belangrijkste hulpmiddel om het gesteente bij de juiste groep in te delen. De meest relevante daarvan staan in tabel II. Verder kan ook de mineraalinhoud helpen bij het indelen van de gesteenten. In tabel III zijn daar voorbeelden van gegeven.

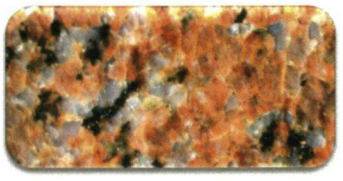
Tabel II Indeling stollingsgesteenten met behulp van structuurkenmerken





pyroklastisch

aphanitisch



phaneritisch

Structuurkenmerken (tabel II)

Binnen de 'stollingsgesteenten' zijn de volgende structuren te onderscheiden:

- het gesteente is een samenklontering van kristallen van mineralen, vulkanische amorfe glasdeeltjes en/of fragmenten van andere gesteenten. Die structuur wordt *pyroklastisch** genoemd;
- in de grondmassa (matrix) van het gesteente zijn zelfs met een loep de mineralen niet als afzonderlijke kristallen te onderscheiden. Die structuur wordt *aphanitisch*** genoemd;
- in de matrix van het gesteente zijn met het blote oog of loep de mineralen wel als afzonderlijke kristallen te onderscheiden. Dit wordt *phaneritisch**** genoemd.

Pyroklastische structuur

Een stollingsgesteente met een pyroklastische structuur is anders ontstaan dan alleen maar door afkoeling van een taai-vloeibaar magma. De volgende twee mogelijkheden komen vaak voor:

Pyroklastische wolk

- vulkaanuitbarstingen van explosieve aard fragmenteren het gloeiend hete magma dat door de aardkorst is heengedrongen. Door de zeer snelle afkoeling stollen die fragmenten in de atmosfeer tot vulkanisch glas. Bij zo'n explosie worden er ook eerder in de aardkorst gevormde mineralen en gesteentefragmenten, losgemaakt uit de wand van de kraterpijp, mee de atmosfeer ingeblazen en voor een deel tot as verpulverd. Na terugvallen op aarde wordt door 'samenklontering' van as en gesteentefragmenten een nieuw gesteente gevormd, met de naam 'tuf' (foto 11). Genoemde fragmenten zijn vaak hoekig of hebben soms de vorm van 'druppels'. De fragmenten bevatten vaak scheuren, ontstaan door de snelle afkoeling;
- een mengsel van heet gas en as breekt explosief uit een opening in de aardkorst en glijdt als een gloeiende lawine de vulkaanhelling af. Het materiaal zal langzaam afkoelen en versmelt met onderliggende oudere gesteenten tot een nieuw gesteente, ignimbriet genaamd (foto's 12, 13 & 14).

* pyro= vuur (Grieks)
** aphanes= onzichtbaar (Grieks)
*** phneros= goed zichtbaar (Grieks)

Aphanitische structuur

Een aphanitische structuur is kenmerkend voor vulkanische gesteenten en komt ook voor bij ondiep gevormde ganggesteenten. Binnen een aphanitische structuur wordt onderscheid gemaakt in:

— *amorfe* structuur:

Het magma is zo snel gestold dat er geen tijd was voor het uitkristalliseren van mineralen. Het magma stolt tot glas. Afhankelijk van de omstandigheden waaronder dat stollingsproces plaatsvond kan het gesteente een dichte (foto 16, obsidiaan) of een poreuze structuur hebben verkregen (foto 15, puimsteen).

— *microkristallijne* structuur:

Bij een dergelijke structuur is het stollingsproces iets minder snel verlopen dan in geval van een amorfe structuur. In ieder geval voldoende langzaam om nog net kristallen te vormen. Maar die zijn dan wel zo klein gebleven dat ze alleen met behulp van een microscoop zijn te onderscheiden. Binnen die microkristallijne structuur wordt nog weer een verdere onderverdeling gemaakt op basis van het wel of niet voorkomen van grotere kristallen in de grondmassa, zogenaamde 'eerstelingen' of fenokristen:

- wanneer in de grondmassa geen eerstelingen voorkomen wordt deze structuur *afirisch* genoemd (foto's 17 & 18). Vaak zijn in lava's, door het vrijkomen van gassen grillige holtes gevormd door afname van druk tijdens het opstijgen van het magma. Wanneer deze holtes nog aanwezig zijn wordt gesproken van een *vesiculaire* structuur (foto 19, lavasteen). Wanneer deze holtes later, door secundaire processen, weer vol zijn 'gegroeid' heet dat een *amygdaloïde* structuur (foto 20, melafier/amandelsteen);
- wanneer in de grondmassa wel eerstelingen voorkomen wordt deze structuur *porfirisch* genoemd (foto's 5, 6, 21 t/m 24).

Obsidiaan

Phaneritische structuur

Een phaneritische structuur is kenmerkend voor dieptegesteenten (bijvoorbeeld graniet), maar komt ook bij gang- en vulkanische gesteenten voor. Er wordt onderscheid gemaakt op basis van de kristalgrootte/korrelgrootte van de grondmassa. In onderstaande indeling, fijnkorrelig, middenkorrelig en grofkorrelig (zie foto's 21 t/m 49), betreft het de grootte van de afzonderlijke kristallen van de grondmassa. De afmetingen van de eventueel daarin voor-

komende 'eerstelingen' spelen voor de naam fijn-, midden- of grofkorrelig niet mee.

- kristalgrootte van de grondmassa <1 mm:
  - wanneer alle kristallen in de grondmassa ongeveer even groot zijn wordt de structuur *equigranulair fijnkorrelig* genoemd (foto's 25 & 26, granieten);
  - wanneer in de grondmassa tevens een klein percentage grotere kristallen is te onderscheiden wordt die structuur *porfirisch* (foto's 27 & 28, rhombenporfier en trachiet) genoemd.
- kristalgrootte van de grondmassa 1 - 5 mm:
  - wanneer alle kristallen in de grondmassa ongeveer even groot zijn wordt die structuur *equigranulair middenkorrelig* genoemd (foto's 29 t/m 36);
  - wanneer in de grondmassa tevens een klein percentage kristallen groter dan 5 mm is te onderscheiden wordt die structuur *porfirisch* genoemd. Een dergelijke structuur komt alleen voor bij dieptegesteenten en dieper gevormde ganggesteenten (foto's 37 & 38).
- kristalgrootte van de grondmassa >5 mm:
  - wanneer alle kristallen in de grondmassa ongeveer even groot zijn wordt de structuur *equigranulair grofkorrelig* genoemd (foto's 39 t/m 48);
  - wanneer tevens een klein percentage nog grotere kristallen is te onderscheiden, dan wordt die structuur *porfirisch* genoemd. Een dergelijke structuur komt alleen voor bij dieptegesteenten (foto 49);
  - een bijzonder grofkorrelig gesteente is pegmatiet. De kristallen in dit gesteente kunnen vele centimeters groot zijn. Het gesteente bestaat alleen uit heel grote kristallen.

Porfirische structuur

Pegmatiet

Mineralogische kenmerken (tabel III)

Zoals misschien al is opgevallen zijn in tabel II behalve de structuurkenmerken als voorbeelden ook de namen van gesteenten genoemd, met een verwijzing naar de foto's.

In veel gevallen is het namelijk mogelijk om binnen de stollings-, afzettings- en omzettingsgesteenten met de mineraalinhoud en het percentage donkere mineralen een verder onderscheid te maken. In tabel III (zie blz 26) is dat nader toegelicht.

Deze tabel, met uitsluitend 'mineralogische' kenmerken, kent drie ingangen. Dat zijn:

- het gehalte aan kwarts;
- het gehalte aan donkere mineralen;
- de aanwezigheid van overige mineralen.

Kwarts

Door het gehalte kwarts uit te zetten op een verticale as en het gehalte aan donkere mineralen op een horizontale as, ontstaan er 'velden' met gesteenten van een specifieke samenstelling. In zo'n veld staan meerdere namen vermeld. Dit komt omdat niet alleen de mineraalinhoud de naam van een gesteente bepaalt, maar ook de structuur ervan. Andesiet en dioriet bijvoorbeeld zijn vermeld in hetzelfde veld, hebben daarom een vergelijkbare samenstelling, maar wel een verschillende structuur. Andesiet is fijnkorreliger en behoort tot de uitvloeiingsgesteenten en dioriet tot de dieptegesteenten. De structuurkenmerken zijn in tabel III niet meer apart zichtbaar gemaakt. Daarvoor wordt verwezen naar tabel II.
Om tabel III eenvoudig te houden zijn niet vermeld de gesteenten waarin kwarts niet meer voorkomt en de veldspaten gedeeltelijk zijn vervangen door mineralen als bijvoorbeeld leuciet en nefelien. Die 'veldspaatvervangers' worden ook wel foïden genoemd. Er zijn gebieden, bijvoorbeeld rond Oslo waar dat type gesteente veel voorkomt. Over het algemeen echter komen de kwartshoudende gesteenten zonder foïden veel meer voor.
Voor een precieze indeling wordt het 'diagram van Streckeisen' meestal gebruikt. Het gaat te ver om dat hier te behandelen.

Donkere mineralen

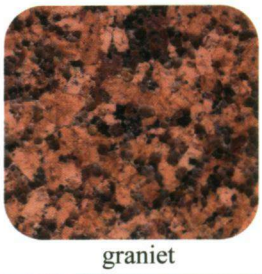
Het gehalte aan 'donkere mineralen' is, in het bijzonder voor 'dieptegesteenten', een belangrijk determinatiekenmerk. In tabel III neemt het gehalte donkere mineralen van links naar rechts toe.
Een hulpmiddel bij het schatten van gehalten, is een zogenaamde 'schattingskaart' (zie tabel IV, blz 27). Deze wordt gebruikt voor het schatten van het gehalte aan donker gekleurde mineralen aan het oppervlak van het gesteente. Hierbij wordt voor het gemak aangenomen dat dit representatief is voor het volume donkere mineralen in een gesteente. De figuren eindigen bij een gehalte van 50%. Voor hogere gehalten moet de kaart 'omgekeerd' worden gebruikt. Wat donkergekleurd is moet dan als licht worden gezien en wat licht is als donker.

Tabel III: Indeling kwartshoudende stollingsgesteenten

Toename donkere mineralen

10 — 60 % kwarts

1 rhyoliet	1 daciet	1 kwarts-andesiet
3 apliet, pegmatiet		
2 graniet	2 granodioriet	2 tonaliet (kwartsdioriet)


graniet

granodioriet

tonaliet

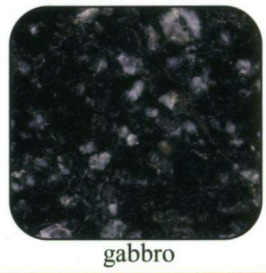
0 — 10 % kwarts

1 trachiet	1 latiet	1 andesiet	1 basalt
			3 diabaas
2 syeniet	2 monzoniet	2 dioriet	2 gabbro

syeniet

monzoniet

dioriet


gabbro

	licht / donker	syeniet	monzoniet	dioriet	gabbro
K-veldspaten	licht	veel voorkomend	regelmatig voorkomend	minder vaak voorkomend	minder vaak voorkomend
plagioklaas	licht	regelmatig voorkomend	veel voorkomend	veel voorkomend	veel voorkomend
glimmers*	donker	veel voorkomend	regelmatig voorkomend	regelmatig voorkomend	minder vaak voorkomend
amfibolen	donker	minder vaak voorkomend	regelmatig voorkomend	veel voorkomend	regelmatig voorkomend
pyroxenen	donker	minder vaak voorkomend	regelmatig voorkomend	regelmatig voorkomend	veel voorkomend

1 = 'uitvloeiingsgesteenten'
2 = 'dieptegesteenten'
3 = 'ganggesteenten'

——— veel voorkomend
– – – regelmatig voorkomend
····· minder vaak voorkomend

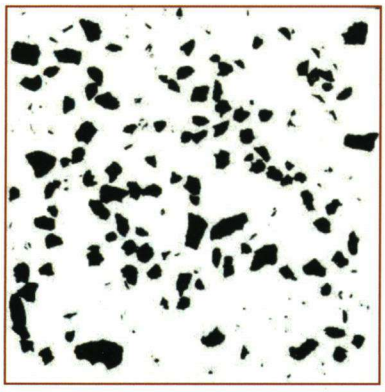
* Glimmers [biotiet en muscoviet] komen niet voor in uitvloeiingsgesteenten.

Tabel IV: Schattingskaart 'Percentage donkere mineralen'

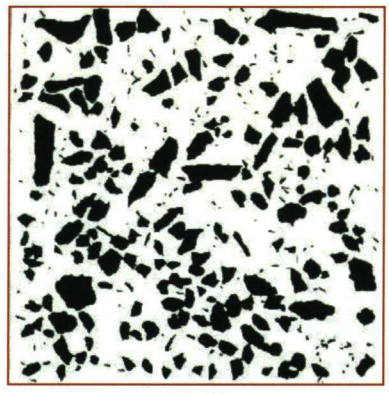
1 %

3 %

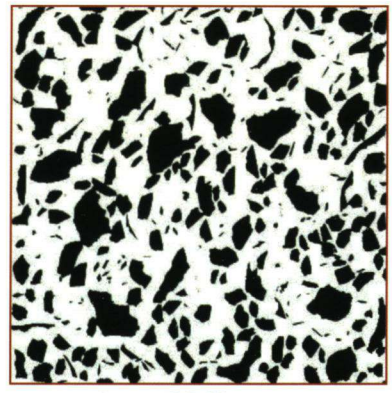
5 %



10 %



20 %



30 %

40 %

50 %

Een geschat gehalte aan donkere mineralen in een gesteente wordt uitgedrukt in (volume)procenten ten opzichte van het totaal. Van licht- naar donkergekleurd noemen we dit als volgt :

- felsisch, 0-60% donkere mineralen;
- mafisch, 60-90% donkere mineralen;
- ultramafisch, 90-100% donkere mineralen.

Bij 'lava's', bijvoorbeeld rhyoliet of daciet, komt het nogal eens voor dat het gesteente in werkelijkheid belangrijk minder donkere bestanddelen bevat dan de kleur ervan doet vermoeden. Schaduwwerking in de veel voorkomende holle ruimten in dit gesteente is dan de misleidende factor. Een soortgelijk effect doet zich ook voor wanneer kleurloze/doorzichtige kristallen, bijvoorbeeld kwarts, zich bevinden in een omgeving van donker gekleurde mineralen.

Bij de beoordeling donker- of licht gekleurd, is het volgende van belang:

- 'veldspaten' horen bij de licht gekleurde mineralen. In bepaalde gesteenten echter, onder andere gabbro's, zijn veldspaten vaak donker gekleurd. Dit als gevolg van de vele insluitsels en/of een donkere achtergrond;
- 'olivijn' wordt gerekend tot de donker gekleurde mineralen ook al is zuivere olivijn lichtgroen van kleur;
- 'muscoviet', een kleurloze glimmer, wordt tot de donkere mineralen gerekend.

Overige mineralen

Tabel III kent nog een derde ingang: de overige mineralen. De al dan niet onderbroken lijnen achter de mineralen geven aan in hoeverre die mineralen in de gesteenten die daar recht boven staan worden aangetroffen.

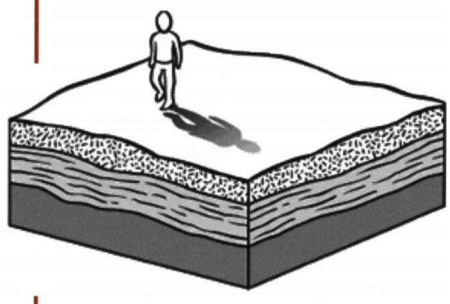
Deze ingang biedt de mogelijkheid de gevonden benaming van een gesteente, die met het 'aandeel kwarts' en 'aandeel donkere mineralen' voorlopig is bepaald, nog eens te toetsen door na te gaan welke overige mineralen aanwezig zijn.

Een belangrijk onderscheid is de verhouding tussen de hoeveelheid plagioklaas en kaliveldspaat.

Het is wel goed te beseffen dat de wijze waarop in tabel III de aanwezigheid van bepaalde mineralen is weergegeven, niet meer en niet minder is dan een indicatie.

5 Afzettings- of sedimentaire gesteenten

Ontstaanswijze

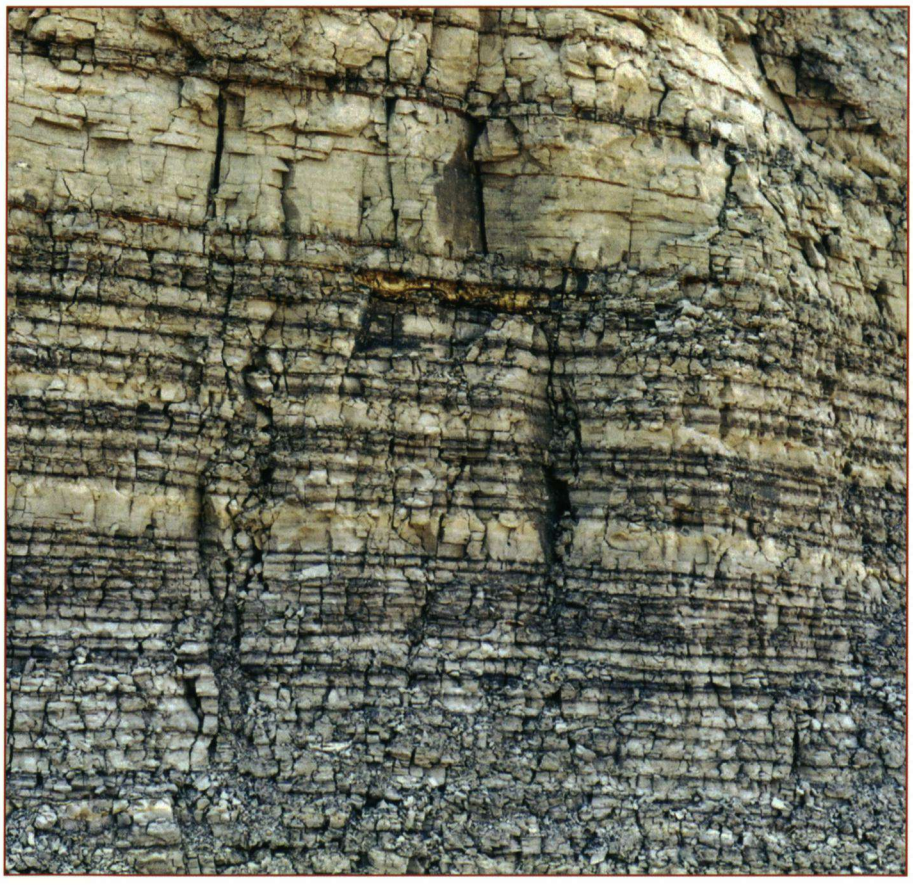


Voor de naamgeving van afzettingsgesteenten moet je weten hoe ze gevormd zijn. Er wordt een onderverdeling gemaakt in drie groepen:

- klastische afzettingsgesteenten (verweringsproducten van gesteenten);
- chemische afzettingsgesteenten (uit opgeloste stoffen in het water);
- organogene afzettingsgesteenten (resten van organismen).

Klastische afzettingsgesteenten

Verweringsproducten van gesteenten kunnen worden verplaatst door water, wind of ijs en ergens anders weer afgezet. Die verweringsproducten worden in de loop van de tijd weer aaneengekit. Afzettingen door water en wind zijn vaak gelaagd, door een sortering van de verschillende korrelgroottes. Een gesteente dat zo is gevormd wordt een klastisch afzettingsgesteente genoemd. Een voorbeeld hiervan is zandsteen. Het bestaat grotendeels uit aaneengekitte zandkorrels, dat wil zeggen harde korrels die tijdens

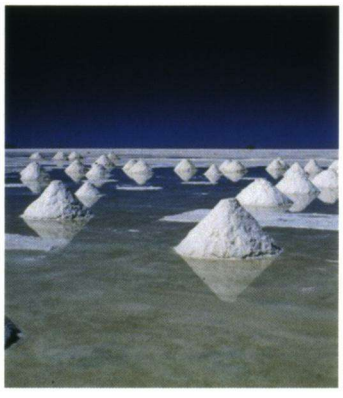


Gelaagdheid in afzettingsgesteenten

het transport niet zijn vergruisd of opgelost. Zachte korrels vergruizen tijdens het transport en gaan gedeeltelijk in oplossing. Het fijnste materiaal vinden we vaak terug tussen de grovere korrels. Materiaal dat wordt afgezet tijdens of na transport door een gletsjer is nooit uitgesorteerd op korrelgrootte. Verweringsproducten van verschillende afmetingen worden dan door elkaar afgezet.

Chemische afzettingsgesteenten

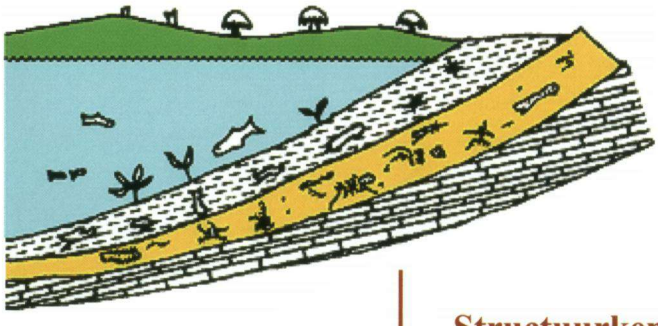
Een afzettingsgesteente kan ook worden gevormd door het neerslaan van uitgekristalliseerde chemische verbindingen die in opgeloste vorm voorkomen in zeeën en meren. Dat proces doet zich vooral voor bij het indampen van water. Het water warmt op, verdampt, de concentratie opgeloste stoffen neemt toe, bereikt het verzadigingspunt, verbindingen kristalliseren uit en slaan vervolgens neer op de bodem. Wanneer dit proces lange tijd doorgaat wordt er een chemisch afzettingsgesteente, in dit geval een evaporiet, gevormd. Voorbeelden hiervan zijn steenzout, gips, korrelige of oölitische kalksteen en travertijn.



Zoutwinning

Organogene afzettingsgesteenten

Tenslotte zijn er nog afzettingsgesteenten die in hoofdzaak bestaan uit resten van afgestorven planten en dieren. Die resten bezinken op de bodem van een zee, meer of moeras, kitten aaneen en worden steeds verder samengeperst naarmate de hoeveelheid afgestorven materiaal dat er op komt te liggen toeneemt. Vaak zijn resten van organismen goed te herkennen. Voorbeelden van dergelijke gesteenten zijn organogene kalksteen en steenkool.



Organisch sediment

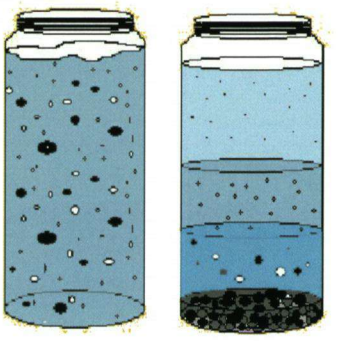
Structuurkenmerken

In dit hoofdstuk wordt voornamelijk aandacht besteed aan de klastische afzettingsgesteenten. Die vinden we in Nederland het meest als zwerfsteen. Kenmerkend voor een klastisch afzettingsgesteente zijn de verschillende deeltjes waaruit het bestaat. Met de term 'deeltjes' worden korrels, hoekige fragmenten of rolstenen bedoeld. Voor de naamgeving van afzettingsgesteenten zijn vooral kenmerken zoals grootte, vorm en sortering van de deeltjes van belang:

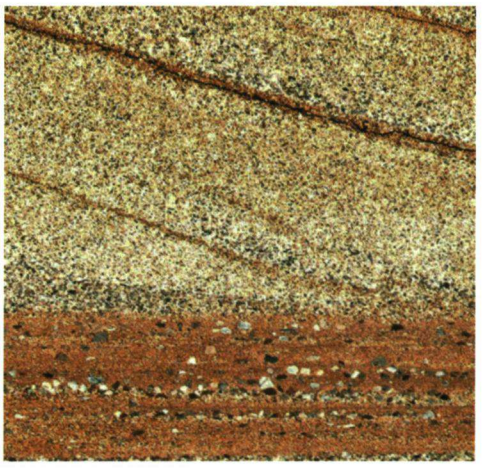
1. <u>grootte van de deeltjes</u>:
   De grootte van een deeltje betreft de langste doorsnede ervan en wordt aangegeven in millimeters. Het hangt van de grootte

van de deeltjes af of deze met het blote oog of een loep kunnen worden onderscheiden.

2. vorm van de deeltjes:
De vorm van de deeltjes kan afgerond of hoekig zijn. Hoekige vormen wijzen op weinig transport in de periode tussen afbraak en afzetting. Bij afgeronde vormen is vaak sprake van een langere transportweg. Behalve de mate van transport bepaalt ook de hardheid en de eigen vorm van de deeltjes de uiteindelijke vorm.


Grote deeltjes zakken sneller

3. sortering (= grootteverdeling) van de deeltjes:
Dit is een rangschikking van de deeltjes op basis van hun grootte. In materiaal dat door de rivier is afgezet zien we vaak dat lagen met verschillende korrelgrootte elkaar afwisselen. Dit heeft te maken met het verschil in stroomsnelheid van het water tijdens het bezinken van de korrels. Overigens is niet altijd de sortering perfect en kunnen grotere deeltjes ingebed zijn in fijner materiaal. Het materiaal dat de losse korrels aaneenkit tot een vast gesteente wordt cement genoemd.


Sortering op korrelgrootte

Indeling en voorbeelden (tabel V, zie blz 32)

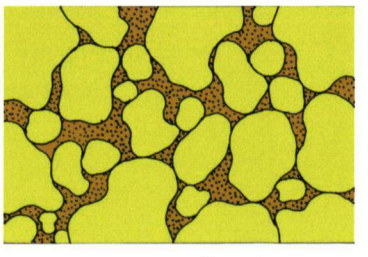
Op basis van de structuurkenmerken, de hardheid en de 'reactie op verdund zoutzuur' is een verdere indeling binnen de afzettingsgesteenten mogelijk.

Afzonderlijke deeltjes te onderscheiden met het blote oog

Korrels of steentjes > 2 mm:

Naast de afmeting van de deeltjes die het meest voorkomen, wordt ook onderscheid gemaakt naar de vorm, afgerond of hoekig.

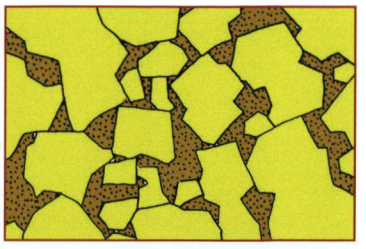
- wanneer de meest voorkomende delen waaruit een gesteente is samengesteld zijn afgerond, dan wordt zo'n gesteente een conglomeraat (foto's 50 & 51) genoemd. Vaak zijn het rolstenen van verschillende grootte, soort en herkomst, die aaneengekit zijn door een cement van kiezel (SiO_2). De ronde stenen zijn ontstaan door de schurende werking tijdens het transport in rivieren;
- is een gesteente samengesteld uit hoekige stukjes steen, dan wordt het een breksie (foto's 53 & 54) genoemd. De hoekigheid duidt op een minimum aan transport voordat het cement


Conglomeraat

Tabel V
Indeling afzettingsgesteenten

Kenmerken van het gesteente	Naam	Foto
Deeltjes (korrels, rolstenen of stukjes steen) te onderscheiden met het blote oog:		
- afmeting deeltjes > 2 mm		
1. vorm is afgerond (rolstenen)	- conglomeraat	50, 51
2. vorm is hoekig	- breksie	52, 53, 54
- afmeting deeltjes < 2 mm (vorm van de korrels meestal afgerond, soms ook hoekig)	- (gewone) zandsteen	55
	- gelaagde zandsteen	57
	- kris/kras gelaagde zandsteen	58
	- zandsteen met golfribbels	62
	- tijgerzandsteen	61
	- vlekkenzandsteen	64
	- skolithoszandsteen	63
	- arkose	60
Deeltjes (korrels) niet te onderscheiden met het blote oog, maar wel met loep:		
- afslijpsel van gesteente 'knarst tussen de tanden'	- siltsteen	67
Deeltjes (korrels) niet meer te onderscheiden met loep (gesteente is te bekrassen met staal):		
-bruist niet met 10% zoutzuur		
1. bij bevochtigen een typische kleigeur	- kleisteen	66
	- kleischalie	65
2. kristallijn, soms suikerachtig uiterlijk, lijkt op kalksteen	- dolomiet	
-bruist wel met 10% zoutzuur		
1. kalk, al dan niet met bijmenging van zand en/of klei	- (zandige/kleiige) kalksteen	68
2. met concreties van kalk	- oölitenkalksteen	69
3. met fossielen	- organogene kalksteen	70, 71

de stukjes aaneenkitte, bijvoorbeeld puin onder aan een rotswand. Een bijzondere variant van een breksie is een endogene breksie (foto 52). Dan gaat het om een verbrijzeld gesteente waarvan de brokstukken ter plekke weer aaneengekit zijn.



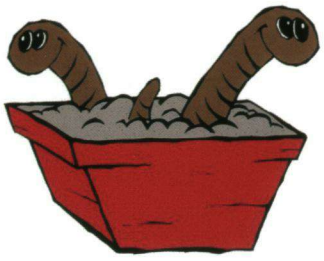
Breksie

Als een conglomeraat of breksie is samengesteld uit soortgelijke gesteentefragmenten, dan spreken we van 'monomict'. Zijn de gesteentefragmenten afkomstig van verschillende gesteenten, dan speken we van 'polymict'. Conglomeraten zijn meestal polymict.

Korrels < 2 mm, echter nog met het blote oog zichtbaar.
Het gesteente dat aan dit kenmerk voldoet is zandsteen in al zijn variaties. Zandsteen heeft, direct nadat het is gevormd (dus nadat de losse korrels aaneengekit waren), een groot aantal poriën. In een latere fase kunnen die poriën zijn opgevuld met fijn materiaal. De oorspronkelijke porositeit van het gesteente kan daarmee voor een groot deel verloren gaan.

De vorming van zandsteen kan onder zeer verschillende omstandigheden plaatsvinden. Zandstenen kunnen er daarom heel verschillend uitzien.
In zandsteen is in sommige gevallen een gelaagdheid te zien doordat de korrelgrootte per laag verschilt (foto 56). De lagen met fijnere korrels zijn afgezet in een 'rustig' milieu, dat wil zeggen in langzaam stromend water. In een dergelijk milieu is het zelfs mogelijk dat rimpels in het zand op de bodem van de zee mee 'fossiliseren' (foto 62).
Lagen met grotere korrels zijn afgezet in een milieu met sneller stromend water of door snellere bezinking. In principe zijn er twee mogelijkheden:
- een afwisseling van lagen met fijne en grove korrels als gevolg van afwisselende omstandigheden in zomer en winter, en hoeveelheid van aangevoerd materiaal;
- een opbouw van fijn naar grof, ook wel 'top-bottom' gelaagdheid genoemd. Meestal is dit het gevolg van sedimentatie uit een troebelingstroom.
Wanneer de oorspronkelijke gelaagheid bij herhaling door stromend water wordt ingesneden en vervolgens weer wordt toegedekt met nieuw materiaal, ontstaat er een typisch patroon dat "kriskras gelaagdheid" wordt genoemd (foto 58).
Zandsteen bestaat voornamelijk uit kwartskorrels. Door bijmenging met kleine hoeveelheden andere mineralen kunnen er kleurverschillen optreden die de zandsteen een gevlekt uiterlijk geven.

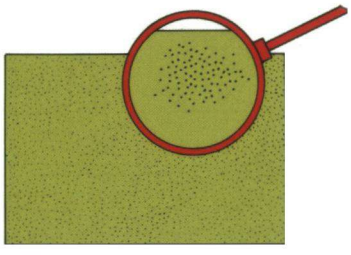
Wat veel voorkomt is kleuring door ijzeroxiden (foto's 59 & 64). Bekend is 'Old Red Sandstone' uit het Devoon.
Wanneer er sprake is van donkerbruine tot zwarte concreties spreekt men van een tijgerzandsteen. Die concreties zien eruit als ringen (foto 61).
Sporen van wormgangen vinden we terug in een zogenaamde skolithoszandsteen. De gefossiliseerde gangen, ook wel buizen genoemd, staan loodrecht op de gelaagdheid van de zandsteen (foto 63b).



Een arkose is een zandsteen die is gevormd uit het verweringsmateriaal van granitisch gesteente. In een arkose vinden we vaak witte nog niet verweerde veldspaten terug (foto 60). Dit is bijzonder omdat de relatief zachte veldspaten meestal snel verweren zodra deze in water worden getransporteerd.
Een grauwacke is een zandsteen met veel nog niet verweerde mineraalkorrels zoals mica en veldspaat. Het gesteente is gevormd uit een modderstroom die als een lawine in zee terecht is gekomen. Niet zelden treffen we ook stukjes houtskool aan in die zandsteen.

Korrels niet te onderscheiden met blote oog, wel met loep

De korrels waaruit een dergelijk gesteente is opgebouwd zijn meestal de verweringsresten van mineralen als veldspaten en glimmers. Een voorbeeld is siltsteen (foto 67).



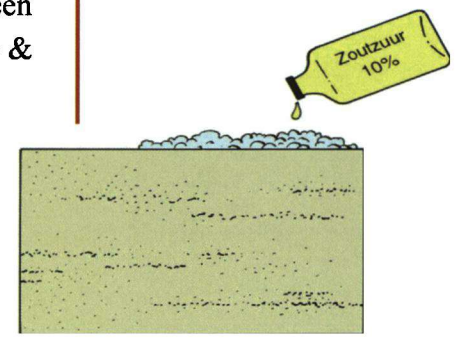
siltsteen

Korrels ook niet te onderscheiden met loep

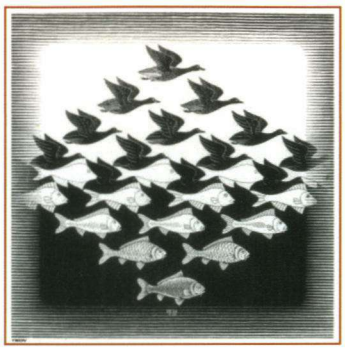
Een nader onderscheid wordt gemaakt op basis van de reactie van het gesteente met verdund zoutzuur (10%):

- als met zoutzuur geen bruisreactie (CO_2) is te zien, is het mogelijk een van de volgende gesteenten:
    1. kleisteen en kleischalie (foto's 66 & 65): ontstaan door inklinking van slib met zeer fijne deeltjes;
    2. dolomiet: qua uiterlijk en van oorsprong een kalkgesteente. Door rekristallisatie in een waterige oplossing, waarbij de calcium gedeeltelijk vervangen is door magnesium, heeft het gesteente een suikerachtige structuur gekregen. Dit is het best te zien op een vers breukvlak.
- als er bij het druppelen van verdund zoutzuur op een gesteente een duidelijke bruisreactie optreedt, dan wijst dit op de aanwezigheid van kalk. Meestal bestaat een gesteente niet voor 100% uit kalk, maar is het een mengsel van kalk, klei en zand, ook wel mergel genoemd.

Een ander voorbeeld is oölitenkalksteen. In dit gesteente hebben de kalkdeeltjes zich gegroepeerd tot concreties om een kleine kern, bijvoorbeeld een zandkorrel (foto 69).
De aanwezigheid van fossielresten in kalkstenen wijst op een organogene (biogene) oorsprong van de kalksteen (foto's 70 & 71).
Op bepaalde plaatsen, onder andere langs breukzones, en in aanwezigheid van CO_2-rijk water kunnen kalkstenen rekristalliseren. Zij doen dat veel gemakkelijker dan kwartsgesteenten. De kalk lost deels op en er worden nieuwe kristallen gevormd, waarbij eventueel aanwezige fossielen verdwijnen.



6 Omzettings- of metamorfe gesteenten



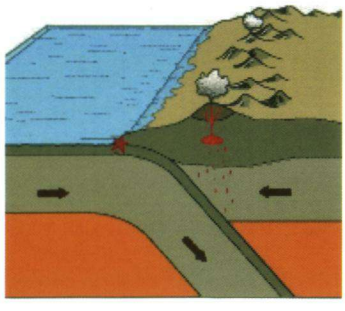
Metamorfose

Ontstaanswijze

Zoals de naam al zegt gaat het hier om gesteenten die zijn gevormd doordat een gesteente een omzetting, een metamorfose, heeft ondergaan. Het betreft een rekristallisatie en vervorming van het oorspronkelijke gesteente door veranderde omstandigheden in de aardkorst. In feite past het gesteente zich aan de veranderende druk en/of temperatuur aan wat betreft de mineralogie en de structuur. Bij een toename van druk en/of temperatuur spreken we van prograde metamorfose, bij een afname van retrograde metamorfose. Doordat het proces van rekristallisatie plaatsvindt in vaste toestand blijft de chemische samenstelling nagenoeg gelijk. De kenmerken van een omzettingsgesteente worden overigens niet alleen bepaald door de factoren druk en temperatuur, maar ook door de aard van het uitgangsgesteente.

We onderscheiden:

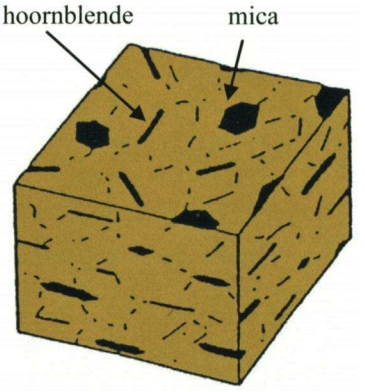
- Thermometamorfose, waarbij de rekristallisatie met name plaatsvindt onder invloed van een sterk verhoogde temperatuur. Dit type metamorfose wordt vaak aangetroffen in een smalle zone rond een intrusie van een magmalichaam. Bij het afkoelen en stollen van het magma komt warmte vrij waardoor het omliggende gesteente sterk in temperatuur stijgt. Metamorfose bij temperaturen beneden 500°C wordt laaggradig genoemd en boven 500°C hooggradig;
- Regionale metamorfose komt voor op grotere diepte en vindt niet alleen onder invloed van een verhoogde temperatuur plaats, maar tevens onder een verhoogde druk. Daarbij vervormt het gesteente. Regionale metamorfose kan worden veroorzaakt door geologische processen zoals gebergtevorming en plaattektoniek. Zone's met regionale metamorfose komen overal in de continentale korst voor.



Subductie van oceanische plaat

Thermometamorfose gaat bij toenemende druk over in regionale metamorfose. Welke mineralen worden gevormd hangt af van temperatuur, druk en de samenstelling van het gesteente. Gesteenten die worden omgezet zijn niet alleen stollingsgesteenten en afzettingsgesteenten, maar kunnen ook gesteenten zijn die al eerder zijn omgezet. Vaak gaat een rekristallisatieproces gepaard met een herrangschikking van de aanwezige mineralen in een bepaald vlak of in een bepaalde richting. Meestal is een afwisseling

te zien van lichte en donkere banden in het gesteente. Die gebandheid* is een belangrijk kenmerk van veel omzettingsgesteenten. Bijna altijd is er sprake van een evenwijdige oriëntatie van mica-blaadjes die wordt aangeduid met de term schistositeit.
De naamgeving van omzettingsgesteenten is, net als bij de stollings- en afzettingsgesteenten, vooral gebaseerd op een aantal specifieke structuurkenmerken. De aanwezigheid van mineralen, die uitsluitend in metamorfe gesteenten worden aangetroffen, kan daarbij een goed hulpmiddel zijn. Met het blote oog of loep zijn die mineralen helaas moeilijk te herkennen.
De structuurkenmerken en mineralen van een aantal bekende en als zwerfsteen voorkomende omzettingsgesteenten zijn in tabel VI opgenomen.

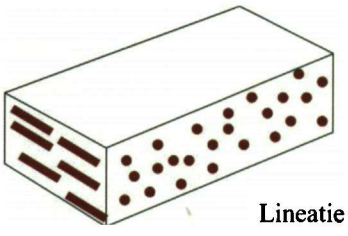


Herrangschikking van mica's en stengelvormige mineralen bijvoorbeeld hoornblende

Beschrijving van enkele specifieke structuurkenmerken (tabel VI, blz. 42/43)

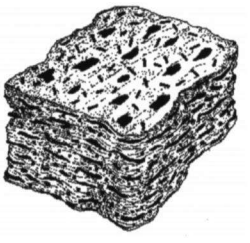
Licht/donker geband (gneis-structuur)
Banden van donker gekleurde mineralen als glimmer, amfibool en pyroxeen wisselen banden van licht gekleurde mineralen als kwarts en veldspaat af. De banden kunnen gegolfd zijn en zijn veroorzaakt door druk of rek in het gesteente (foto's 76 t/m 78).

Lineatie van donkere mineralen
Stengelvormige mineralen zoals hoornblende liggen vaak in één richting. Die richting is meestal evenwijdig aan aangrenzende laagjes die bestaan uit kwarts en veldspaat.


Lineatie

Schistositeit
Blad- of stengelvormige mineralen liggen in evenwijdige vlakken, terwijl de stengelvormige mineralen verschillende richtingen hebben.

Dunplatig/leisplijting
Gesteenten met leisplijting hebben rechte of golvende gladde splijtvlakken. Door de geringe korrelgrootte is herkenning van de mineralen met blote oog of loep niet mogelijk (foto 72).


Schistositeit

* Bij metamorfe gesteenten spreken we van gebandheid, bij sedimenten van gelaagdheid

Plooiing

Plooien

Onder invloed van hoge temperatuur en/of druk kan het gesteente enigszins plastisch worden en langzaam in beweging komen. Het gesteente vervormt daardoor zonder dat de oorspronkelijke samenhang wordt verbroken. Zo ontstaan plooien. Plooien zijn het best zichtbaar in gesteenten die van oorsprong goed gelaagd zijn of een fijne gebandheid hebben (foto 104). Plooien blijven bij een latere rekristallisatie bestaan.

Magmatische lens

Magmatische lenzen

Door gedeeltelijke opsmelting zien we in een omzettingsgesteente vaak licht gekleurde, sliertachtige banden die afwisselend breder en smaller zijn. Op die manier ontstaan er lenzen, ook wel 'ogen' genoemd, die overwegend uit kwarts en veldspaat bestaan. Deze lenzen zijn door uitrekking en afplatting gevormd en liggen in een matrix van metamorf gesteente (foto 78).

Grote kristallen

Soms bevat een omzettingsgesteente grote kristallen, vaak afgeronde veldspaten, die in een fijnkorrelige matrix liggen. Onderscheid wordt gemaakt in:

Porfiroblasten van stauroliet

- Porfiroblasten: bij de metamorfose nieuwgevormde grote kristallen, bijvoorbeeld granaat (foto 80) of andalusiet;
- Porfiroklasten: grote kristallen die vóór de metamofose al aanwezig waren en tijdens de metamorfose bij de vervorming een lensvormige doorsnede (ogen; foto 78) krijgen. Direkt voor en achter de porfiroklasten is vergruizing van het gesteente met een loep zichtbaar.

Beschrijving van enkele mineralen (tabel VI, blz. 42/43)

Door hoge druk en/of hoge temperatuur kunnen mineralen zoals kwarts, veldspaat, glimmer, amfibool, pyroxeen en olivijn onderling componenten uitwisselen waardoor nieuwe mineralen worden gevormd.

Van die nieuw gevormde mineralen zijn epidoot, muscoviet, chloriet, granaat en sillimaniet bekende vertegenwoordigers.

- *Epidoot*: een geelgroen gekleurd mineraal, dat zelden in een duidelijke kristalvorm voorkomt. Meestal zijn het vezelige- of korrelige aggregaten (foto 10). In het gesteente is dit mineraal vaak als groene aders zichtbaar;

- *Muscoviet:* een meestal kleurloos doorzichtig mineraal dat gemakkelijk splijt in zeer dunne buigzame bladen. Soms is de kleur zwakgeel met bruine nuances. Bestand tegen hoge temperaturen en daardoor vroeger gebruikt als kachelruitjes;
- *Chloriet*: een groenkleurige mica. Meestal een omzettingsprodukt van biotiet, augiet, hoornblende of granaat, dat vaak over andere mineralen heen groeit. Chloriet is een zacht mineraal dat gemakkelijk verweert. Wanneer het voorkomt in leisteen veroorzaakt chloriet een groene verkleuring. Chloriet wordt gevormd bij een laaggradige metamorfose;
- *Granaat*: een mineraal dat kan voorkomen in metamorfe gesteenten zoals gneis (foto's 9 & 80) en glimmerschist. De kleur hangt af van de samenstelling maar is vaak rood(bruin);
- *Sillimaniet*: naaldvormige, vezelige aggregaten; witgrijs doorschijnend; vaak vergroeid met kwarts. Met het blote oog meestal te herkennen als kleurloze/witte vlekken. Sillimaniet wordt gevormd tijdens een hooggradige metamorfose.

Voor een nauwkeurige beschrijving van genoemde en andere specifieke mineralen in omzettingsgesteenten, zoals andalusiet (roze), kyaniet (blauw), stauroliet (platte bruine stukjes) of cordiëriet (blauwig) wordt verwezen naar bestaande literatuur over mineralen.

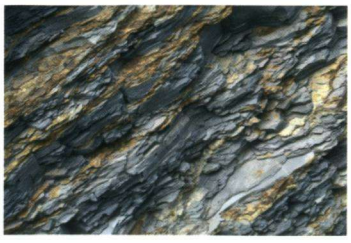
Beschrijving van de omzettingsgesteenten (tabel VI, blz. 42/43)

Het uitgangsgesteente bepaalt voor een belangrijk deel hoe het gesteente er uitziet na metamorfose. Het voortschrijdende proces van metamorfose is goed te zien bij van oorsprong kleiige gesteenten, zoals kleisteen of schalie. Door oplopende temperatuur en druk wordt er eerst leisteen gevormd en vervolgens, via de gesteenten fylliet en glimmerschist, een gneis.

Epidoot

Granaat

Metamorfe gesteenten gevormd uit kleihoudende sedimenten



Leisteen

Leisteen

Zeer fijnkorrelig gesteente met perfecte splijtvlakken. Splijt zeer gemakkelijk in dunne platen. De kleur is doorgaans grijs, soms groenachtig (door chloriet) of violet (door hematiet).
Kristallen zijn met het blote oog of loep niet herkenbaar (foto 72).

Fylliet

Fylliet

Fijnkorrelig gesteente met licht golvende schistositeitsvlakken. De kleur is meestal donkergrijs, kan (door chloriet) ook groen zijn, heeft een zijdeglans en splijt gemakkelijk(foto 73).
Kristallen zijn met het blote oog niet herkenbaar. Het hoofdbestanddeel is een kleurloze glimmer (sericiet) dat als heel fijne schubjes aanwezig is.

Glimmerschist met granaten

Glimmerschist

Een matig fijnkorrelig gesteente, dat gemakkelijk splijt en waarbij op de golvende schistositeitsvlakken herkenbare kristallen van blad- of stengelvormige mineralen zijn te zien (foto 74). Meestal betreft het de mineralen chloriet, muscoviet, biotiet en hoornblende. Sericiet is niet of nauwelijks meer aanwezig. Kleine hoeveelheden licht gekleurde mineralen komen voor in de vorm van kwarts en soms veldspaat, vaak geconcentreerd in lenzen of lagen. Soms komen op de schistositeitsvlakken kleine, millimeter grote, donkere vlekjes of nopjes voor. Vaak zijn dit kristallen van biotiet, andalusiet, cordiëriet of granaat (foto 75). Dit gesteente wordt vaak aangeduid met de term 'nopjeslei'. In feite is die benaming niet correct en zou moeten zijn 'nopjesschist'.

Gneis

Een midden- tot grofkorrelig gesteente met een hoog gehalte met het blote oog herkenbare kristallen van kwarts en veldspaat. De glimmers, amfibolen en pyroxenen komen meestal geconcentreerd in donkere banden voor. Zo ontstaat een afwisseling van lichte en donkere banden (foto 76). Een bekend voorbeeld is ogengneis (foto 78). Hier 'golven' de mica's en andere mineralen om de grote veldspaatkristallen heen. Wanneer gneis is ontstaan uit een van oorsprong kleiig sediment wordt het een paragneis genoemd (foto 77). Een gneis kan ook zijn ont-

Gneis

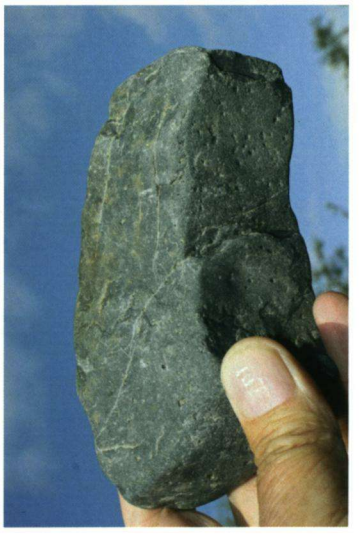
staan uit een van oorsprong magmatisch gesteente. Het wordt dan orthogneis genoemd.

Hoornrots
Een hard, splinterend gesteente met een dichte structuur waarin de kristallen van de mineralen geen voorkeursrichting hebben. Hoornrots is dicht bij een intrusie gevormd (een zogenaamd contactmetamorf gesteente; foto 88) uit een kleiig sediment. Het gesteente bevat vaak grotere kristallen (porfiroblasten) van onder andere andalusiet of cordiëriet.

Hoornrots

Metamorfe gesteenten gevormd uit niet kleiige sedimenten

Kwartsiet
Kwartsiet bestaat voor minstens 80% uit kwarts. Het is een gerekristalliseerde zandsteen. De aanwezigheid van kleine, glanzende muscovietblaadjes duidt op een omzettingsproces. Allerlei gradaties van metamorfose worden aangetroffen. Kwartsiet breekt 'door de korrels heen' in tegenstelling tot zandsteen. Het breukvlak heeft vaak een 'suikerkorrelig' uiterlijk.
Diverse kleuren komen voor van wit tot grijs (foto 83), rood/bruin (ijzeroxiden, foto 82) en groenachtig (chloriet).


Revinienkwartsiet

Amfiboliet
Een midden- tot grofkorrelig gesteente. De kleur kan variëren van lichtgroen tot donkergroen of zwart. In de grofkorrelige amfiboliet komen de plagioklazen als witte/gele vlekken naar voren.
Het uiterlijk van dit gesteente wordt vooral bepaald door het mineraal hoornblende dat in gedrongen vorm of als naaldvormige kristallen aanwezig is (foto 81). Vaak is een streping of gebandheid zichtbaar.
Amfiboliet wordt gevormd uit een van oorsprong basisch stollingsgesteente (gesteente met zeer weinig kwarts). Bij verdergaande metamorfose verandert ook amfiboliet in gneis, maar dan in één die geen kwarts bevat.

Amfiboliet

Myloniet
Een gesteente dat in breukzones door hoge mechanische druk is verbrijzeld. Breuken in dit gesteente kunnen opgevuld zijn met epidoot (foto 87).

Tabel VI Zichtbare kenmerken en mineralen van metamorfe gesteenten

Eigenschappen \ Gesteenten	Leisteen	Fylliet	Glimmer-schist	Gneis	Kwartsiet	Amfiboliet
Licht gekleurd	---	xx	xx[2]	xx	xx	---
Donker gekleurd	xx	x	xx[2]	x	x	xx
Glans (door glimmer)	---	xx	x	---	---	---
Dicht/fijnkorrelig	xx	xx	x	x	xx	xx
Grofkorrelig	---	---	x	xx	---	x
Licht/donker geband	---	---	-	xx	---	---
Lineatie donkere mineralen	---	---	xx	xx	---	x
Schistositeit	---	---	xx	x	---	x
Dunplatig gelaagd/ leisplijting	xx[1]	xx	---	---	---	---
Plooiing	---	xx	x	x	---	---
Magmatische lenzen	---	---	x	xx	---	---
Grote kristallen	---	---	---	---	---	---
Kwarts	x	x	xx	xx	xx	---
Veldspaat	---	---	x	xx	---	xx
Glimmer	---	xx	xx	xx	x	x
Amfibool (hoornblende)	---	---	x	xx	---	xx
Granaat	---	---	x	x	---	x
Epidoot	---	---	x	---	---	x
Chloriet	x	x	x	---	---	---
Sillimaniet	---	---	x	x	---	---
Andalusiet	---	x	x	x	---	x
Kyaniet	---	---	x	x	---	---
Cordiëriet	---	---	x	x	---	---
Stauroliet	---	---	x	x	---	---

xx : vaak zichtbaar

x : minder vaak zichtbaar

--- : niet of nauwelijks zichtbaar

Tabel VI Zichtbare kenmerken en mineralen van metamorfe gesteenten (vervolg)

Myloniet	Helleflint	Migmatiet	Hoornrots	Serpentiniet	Eklogiet	Gesteenten / Eigenschappen
x	xx[2]	xx[3]	x	x	---	Licht gekleurd
xx	xx[2]	xx[3]	xx	xx	xx	Donker gekleurd
---	---	---	---	---	---	Glans (door glimmer)
xx	xx	xx[4]	xx	xx	xx	Dicht/fijnkorrelig
x	---	xx[4]	---	---	x	Grofkorrelig
---	x	xx[3]	x	x	---	Licht/donker geband
---	---	---	---	---	x	Lineatie donkere mineralen
---	---	x[5]	---	x	---	Schistositeit
x	---	---	---	---	x	Dunplatig gelaagd/ leisplijting
---	---	x	---	---	---	Plooiing
x	---	---	---	---	---	Magmatische lenzen
---	x	---	x	---	x	Grote kristallen
xx	x	xx	---	---	x	Kwarts
xx	x	xx	x	---	---	Veldspaat
x	---	x	---	---	---	Glimmer
x	---	x	x	x	x	Amfibool (hoornblende)
---	---	---	x	x	x	Granaat
x	---	---	x	---	x	Epidoot
x	---	---	---	x	---	Chloriet
---	---	---	x	---	---	Sillimaniet
---	---	---	x	---	---	Andalusiet
---	---	---	---	---	x	Kyaniet
---	---	---	x	---	---	Cordiëriet
---	---	---	---	---	---	Stauroliet

1 splijtvlak glad
2 donkere en licht gekleurde exemplaren komen beide veel voor
3 lichte en donkere kleuren zijn beide aanwezig
4 de lichtgekleurde delen vaak grofkorrelig, de donkergekleurde delen vaak fijnkorrelig
5 betreft de donkere delen

Helleflint

Dit kwarts/veldspaatgesteente wordt vaak gekenmerkt door duidelijk zichtbare banden uitlopend in smalle, soms uitwiggende strepen met een onregelmatig verloop (foto 85). Soms zijn insluitsels van kwarts, veldspaat of, heel zelden, granaat aanwezig. Een helleflint is een gerekristalliseerde rhyoliet, waarin soms de banden van de oude vloeistructuur nog te zien zijn. Vaak is de matrix zeer fijnkorrelig. Een grofkorrelige variëteit van helleflint heet leptiet. Het woord helleflint komt van het Zweeds 'hälleflinta' (rotsvuursteen).

Helleflint

Migmatiet

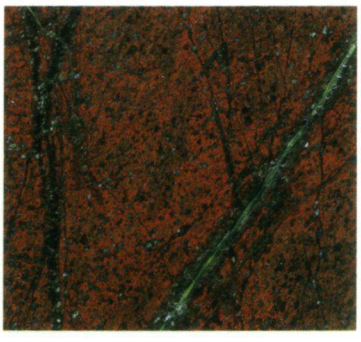
Een midden- tot grofkorrelig gesteente dat bestaat uit twee verschillende duidelijk van elkaar gescheiden en te onderscheiden gesteentesoorten. Meestal is het licht gekleurde deel een magmatisch (granitisch) gesteente en het donker gekleurde deel het metamorfe gesteente (gneis).

Het granitische gesteente ontstaat na gedeeltelijk opsmelten en weer uitkristalliseren van de lichte bestanddelen (kwarts en veldspaat) (foto 86). Het ideaalbeeld is als de lichte en donkere delen als (geplooide) banden naast elkaar liggen. Dit is niet altijd het geval, bijvoorbeeld als de lichte delen als lenzen/ogen in de donkere delen liggen (zie foto blz 38).

Migmatiet, geplooid

Serpentiniet

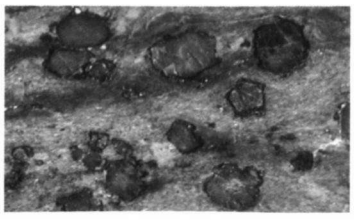
Een laaggradig metamorf gesteente. Gevormd uit een ultramafisch gesteente (90 tot 100% donkere mineralen). De meeste serpentinieten zijn gevlekt, geband of gestreept (foto 89). De oorspronkelijke olivijn en pyroxeen zijn vrijwel geheel omgezet in serpentijnmineralen.



Serpentijnaders (groen)

Eklogiet

Een opvallend gesteente met een meestal fijne tot suikerkorrelige grondmassa bestaande uit donkergroene pyroxenen, waarin bruinrode, bijna ronde, granaten liggen (foto 90). Eklogiet is een gesteente dat bij hoge druk uit een basisch stollingsgesteente is gevormd.



Eklogiet met granaten

7 Varia

In dit hoofdstuk worden diverse verschijnselen en gesteenten besproken die niet direct zijn onder te brengen in de voorgaande hoofdstukken. Vuursteen, lydiet, ijzerkiezel, agaat en concreties horen in feite thuis bij de afzettingsgesteenten. Echter omdat ze in zo diverse variëteiten voorkomen zijn ze hier onder de 'varia' geplaatst.

Vuursteen

Vuursteen is een zeer hard gesteente dat bijna volledig uit SiO_2 bestaat. Het heeft een compacte structuur en een schelpvormige breuk. Vuursteen is oorspronkelijk gevormd in een marien mileu. Men denkt dat kiezelskeletjes van eencelligen uit het zeewater de belangrijkste leverancier zijn geweest van de SiO_2. Over de preciese ontstaanswijze van vuursteen zijn de meningen verdeeld. Vuursteen kan verschillend zijn gekleurd door bijmenging met diverse chemische verbindingen (foto 91). Zo zorgen ijzerverbindingen voor een zwarte of rode kleur. In de kalklagen van Zuid-Limburg vinden we vuursteen die daar ook is gevormd. Als zwerfsteen vinden we in Nederland vuursteen die met het ijs uit het noorden, voornamelijk het gebied rond Zuid-Zweden en Noord-Denemarken, is meegebracht. De noordelijke vuursteen komen we op veel plaatsen in de bodem van Noord- en Midden-Nederland tegen. Vooral de stuwwallen zijn rijke vindplaatsen. Er is ook vuursteen die uit het zuiden hier terecht is gekomen, afkomstig uit België, Frankrijk en Duitsland. We vinden die vuursteen terug in de grindafzettingen van Maas en Rijn. Het is opvallend dat vuurstenen vaak afdrukken van organismen bevatten. Heel bekend als zwerfstenen zijn zeeëgels die volledig zijn verkiezeld.

Vuistbijl van vuursteen

Zeeëgel zwerfsteen

Lydiet

Lydiet, ook wel kiezellei genoemd, is een compact meestal zwartgekleurd, fijnkorrelig gesteente en gevormd uit een sediment dat rijk is aan organisch materiaal. Minder vaak komen grijze, groene en bruine kleuren voor. De lydietstenen zijn steeds op de hoeken afgerond (foto 92) en vaak dooraderd met melkwitte kwarts.

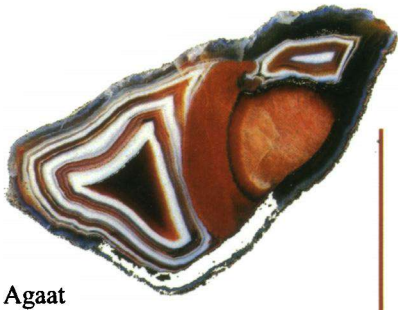
Kleine, meestal ronde korrels wijzen op mariene organismen die skeletelementen van kiezel hebben afgescheiden (radiolariën). Als de ronde skeletdelen met de loep of het blote oog zichtbaar zijn dan noemen we het radiolariet (foto 93).

Kiezeloöliet

Verkiezelde kalksteen, die oorspronkelijk uit kalkbolletjes bestond die zijn opgebouwd uit laagjes kalk rond een kleine kern, bijvoorbeeld een zandkorrel of stukje van een schelp (foto 96).

IJzerkiezel/Jaspis

Een gesteente dat bestaat uit kristallen die vaak door ijzeroxiden rood, geel of bruin zijn gekleurd (foto 95). Ook dit gesteente is vaak met melkwitte kwartsgangetjes dooraderd. Net als vuursteen is ijzerkiezel gevormd uit een SiO_2 rijke oplossing. Het gesteente wordt vaak aangetroffen in vulkanische gebieden. Men denkt dat SiO_2 uit andere gesteenten in warm water oplost en later in het afgekoelde water neerslaat.



Agaat

Agaat

Een kwartsvariëteit (chalcedoon) met een gelaagde structuur (foto 94) die is gevormd als afzetting uit kiezelhoudend water in een holle ruimte.

Fosforietconcretie (fosforietknol)

Groengrijze, bolvormige concretie, gevormd in glauconietrijke groenzanden (foto 101). In mariene omstandigheden is calciumfosfaat tussen de zandkorrels afgezet.

Klei-ijzersteenconcretie

Een ijzerverbinding als ijzercarbonaat of ijzerhydroxide komt regelmatig voor in afzettingsgesteenten en geeft het gesteente een rode/bruine kleur. Door de aanwezigheid van carbonaat bruist het gesteente als het wordt bedruppeld met een 10% zoutzuuroplossing. Wanneer ijzerverbindingen de kleideeltjes aaneenkitten wordt van concreties gesproken. Een bekende variëteit is de zogenaamde klappersteen. Een dergelijke steen bevat een holle ruimte waar nog stukjes gedroogde klei of leem aanwezig zijn (foto 97). Bij schudden van de steen geeft dit een klapperend geluid.

Spleetopvulling

Magma kan gangen en spleten opvullen van bovenliggend gesteente. Zo kunnen twee verschillende gesteentetypen naast elkaar voorkomen (foto 98).

De bekende lichtgekleurde kwartsaders zijn ook spleetopvullingen, gevormd door kristallisatie van SiO_2 uit geconcentreerde hete oplossingen. Brokkelt in de loop van de tijd zo'n kwartsader af,

en gaan de brokstukjes op transport, dan vinden we die in het grind vaak terug als mooie witte afgeronde melkkwartsstenen.

Rolstenen

Stenen in snel stromende rivieren of in de branding voor de kust kunnen door vele botsingen, in combinatie met de schurende werking van zand, een ronde vorm krijgen (foto 100). Een apart verschijnsel zijn de zogenaamde 'botsfiguren'. Door het botsen ontstaan op de stenen beschadigingen in de vorm van ronde of sikkelvormige barstjes. Bij rolstenen van vuursteen die in de branding hebben gelegen is dat goed te zien (foto 99).

Gletsjerkrassen

De ijsmassa van een gletsjer neemt onderweg stenen op. Door de schurende werking van het ijs met stenen langs de vaste rotsbodem en rotswand ontstaan er krassen in de stenen (foto 103).

Gletsjer

Wrijfspiegel

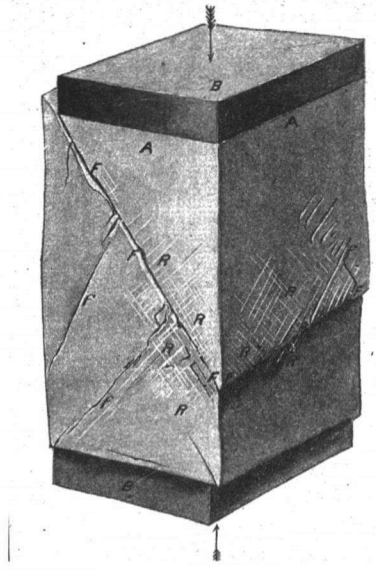
Tijdens gebergtevorming kunnen gesteenten op breukvlakken, langs elkaar schuren. Op die wijze worden stenen als het ware gepolijst. Dit geeft een spiegelend oppervlak (foto 102).

Keileem

Veel stenen die door een gletsjer worden meegenomen komen terecht in scheuren in het ijs. Door het gewicht van de enorme bewegende ijsmassa worden deze stenen tussen ijs en rotsbodem vermalen tot kleine stukjes steen en voor een deel tot heel fijne gronddeeltjes (leem). Het zo gevormde mengsel van leem en stukjes steen wordt keileem genoemd (foto 107).

Insluitsels (xenolieten)

Wanneer magma zich snel een weg omhoog baant, dwars door gesteente in bovenmantel/korst, worden vaak brokstukken uit het omliggende gesteente losgemaakt en meegevoerd. Na stolling van het magma blijven deze brokstukken in het stollingsgesteente opgesloten (foto 105).



Afschuiving langs breukvlak

Breukvlakken

Onder invloed van hoge druk, een niet te hoge temperatuur en een snelle beweging, bijvoorbeeld tengevolge van een aardbeving, kunnen gesteentedelen ten opzichte van elkaar verschuiven (foto 106). Hoe gemakkelijk een gesteente breekt hangt onder andere af van de samenstelling ervan. Bij een hoge temperatuur zullen er eerder plooien dan breuken gevormd worden (foto 104).

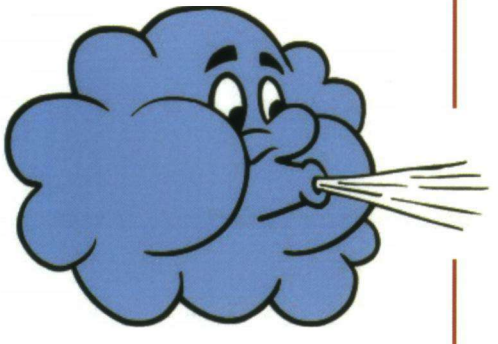
Krimpscheuren in klei

Krimpscheuren

Krimpscheuren ontstaan bij volumevermindering van het gesteente. Het meest opvallend is dit bij het afkoelen van vulkanische gesteentemassa's en het uitdrogen van klei. In het geval van basalt zijn er vaak hoekige zuilen zichtbaar (foto pagina 19), gevormd door een langzame en gelijkmatige afkoeling.

Fossiel hout

Wanneer afgestorven hout wordt bedekt door een fijnkorrelig sediment, zodat er geen contact meer met zuurstof uit de lucht kan plaatsvinden, wordt het rottingsproces zeer sterk vertraagd. Als dan mineraalhoudend grondwater langzaam door de bodem sijpelt kunnen de mineralen worden afgezet daar waar de houtstof en cellulose langzaam wegrotten. Als de afzetting en rotting even snel gaan, blijft de vorm van de cellen behouden. Het hout versteent (foto 108).



Windkanters

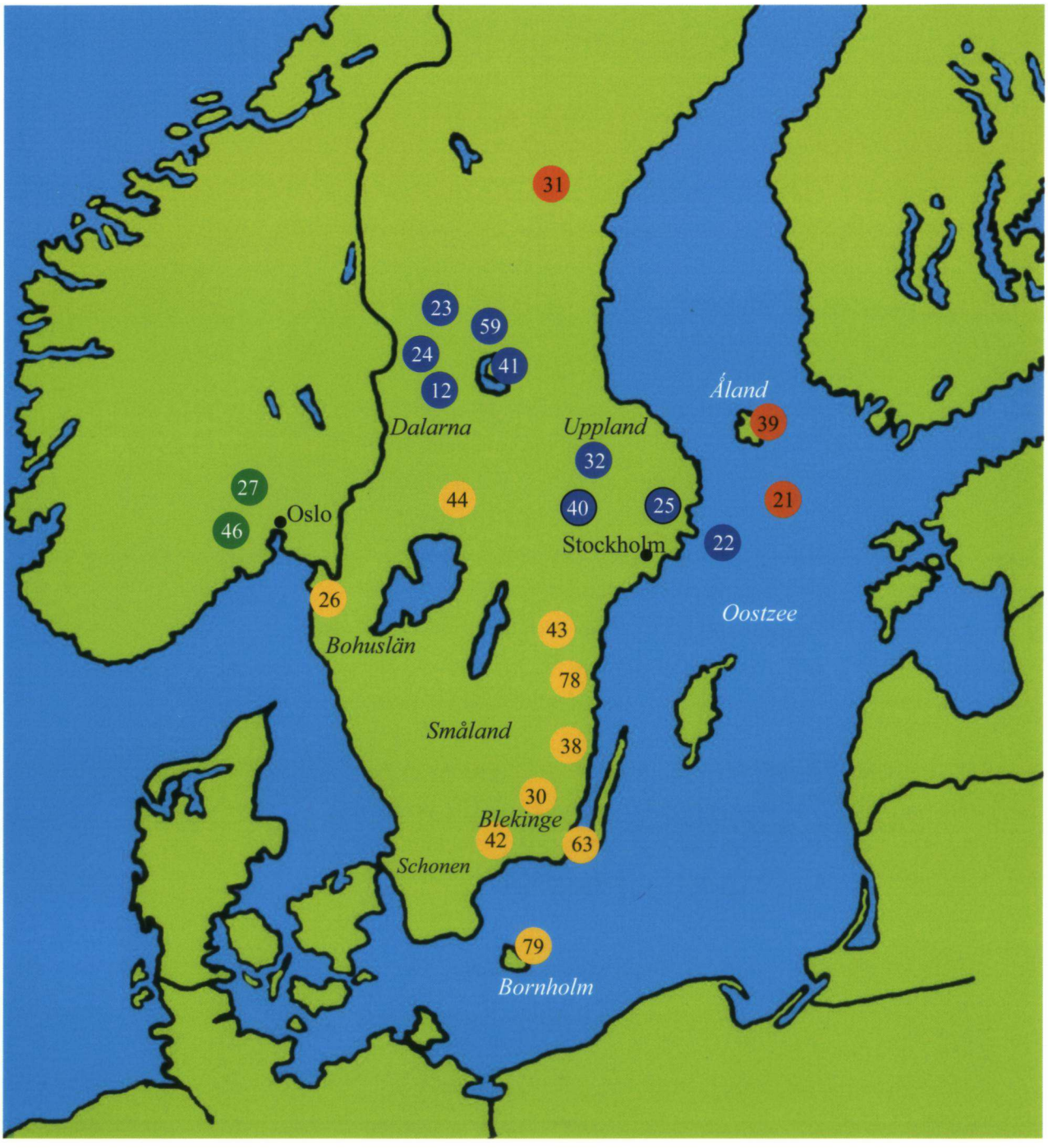
Als de wind zandkorrels langdurig tegen een meestal vastgevroren kei blaast, wordt die als het ware gezandstraald en aan één zijde vlak geslepen. Wanneer de overheersende windrichting verandert of als de positie van de steen verandert kunnen er aan een steen meerdere zijden worden geslepen. Zo ontstaan windkanters. Met name in de laatste ijstijd (80.000 - 10.000 v.Chr) waren de omstandigheden van veel wind en geen vegetatie zeer geschikt voor de vorming van windkanters (foto's 109 & 110).

8 Zwerfstenen en gidsgesteenten

Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn de (zwerf)stenen beschreven aan de hand van structuur en mineraalinhoud van de gesteenten. Op die manier zijn zwerfstenen onder te brengen bij stollings-, omzettings- of afzettingsgesteenten. Voor veel verzamelaars is dat echter niet voldoende. Het is een uitdaging om uit te vinden waar de stenen vandaan komen. We weten dat veel zwerfstenen met het ijs uit Scandinavië hierheen zijn gekomen, de zogenaamde noordelijke zwerfstenen. Er kwamen echter ook stenen uit België, Frankrijk en Duitsland, de zogenaamde zuidelijke en oostelijke zwerfstenen. Die stenen zijn door de grote rivieren hierheen gebracht. Dat is ook de reden dat de zwerfstenen uit het zuiden (en oosten) over het algemeen meer zijn afgerond en minder groot zijn dan de stenen die met het ijs zijn getransporteerd. Om van een zwerfsteen te kunnen bepalen waar die precies vandaan komt, is het van belang dat het gebied van herkomst van beperkte omvang is. Voor de meeste stenen die we oprapen is dat niet het geval. Die kunnen 'overal' vandaan komen. Toch zijn er stenen waarvoor een uniek herkomstgebied is aan te geven. Die noemen we gidsgesteenten. Hierna geven we een aantal voorbeelden van gidsgesteenten uit het noorden, zuiden en het oosten.

Stenentuin Hunebedcentrum Borger



Oost Balticum

Oost Balticum
31. Ragundagraniet

Åland &
Oostzee ten zuiden van Åland
21. Rode Oostzee kwartsporfier
39. Rapakivigraniet

Midden Balticum

Stockholm
25. Stockholmgraniet
40. Fellingsbrograniet

Oostzee bij Stockholm
22. Bruine Oostzee kwartsporfier

Uppland
32. Salagraniet

Dalarna
12. Dalarna-ignimbriet
23. Bredvadporfier
24. Őjediabaasporfier
41. Siljangraniet
59. Dalazandsteen

Zuid Balticum

Småland & omgeving
30. Växjögraniet
38. Påskallavikporfier
43. Graversforsgraniet
44. Filipstadgraniet
78. Loftahammer(ogen)gneis

Bohuslän, Blekinge & Schonen
26. Bohuslängraniet
42. Karlshamngraniet
63. Skolithoszandsteen

Bornholm
79. Bornholmstreepgraniet [gneis]

Oslogebied

27. Rhombenporfier
46. Larvikiet [syeniet]

Noordelijke zwerfstenen

De meeste zwerfstenen die we in Nederland ten noorden van de denkbeeldige lijn Haarlem-Utrecht-Nijmegen vinden komen uit Zweden. Zwerfstenen uit Noorwegen en Finland zijn hier wel, maar in een veel minder groot aantal. Dat komt omdat de ijsstromen uit Zweden vooral in zuidelijke richting trokken, in tegenstelling tot die uit Noorwegen en Finland, die respectievelijk zuidwestelijk en zuidoostelijk gericht waren.

Tijdens de één na laatste ijstijd, het Saalien 150.000 jaar geleden, kwam het ijs tot halverwege Nederland.

De geologie van Scandinavië is complex, het gaat te ver om daar op deze plaats op in te gaan. Van belang is om te weten dat de ondergrond van een groot deel van Zweden deel uitmaakt van het zogenaamde 'Baltische schild', een gesteentenpakket van precambrische ouderdom waarin op veel plaatsen magma-intrusies voorkomen.

In de loop der jaren zijn er verschillende indelingen gemaakt van herkomstgebieden van zwerfstenen. Hesemann onderscheidde er vier, het 'Oost-, Midden-, en Zuid Balticum' in Zweden en het 'Oslogebied' in Noorwegen. Later zijn die gebieden verder opgedeeld door Zandstra, een bekend zwerfsteendeskundige uit Nederland. Hij onderscheidde tien herkomstgebieden. De verdere opdeling door Zandstra doet meer recht aan de kenmerken van de gesteenten. Ook kunnen de zwerfstenen preciezer worden 'toegekend' aan herkomstgebieden, die overigens in omvang sterk verschillen. Op de kaart op pag. 50 is aangegeven waar de herkomstgebieden van de noordelijke gidsgesteenten uit tabel VII (pag. 52 t/m 54) liggen. De gesteenten zijn gegroepeerd op de kaart volgens de indeling van Hesemann. In de toelichting onder de kaart is de indeling daarbinnen volgens Zandstra aangegeven.

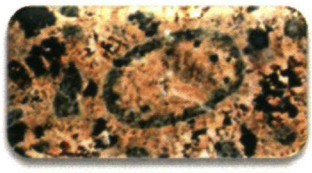
In tabel VII zijn per herkomstgebied, volgens de indeling van Zandstra, voorbeelden van gidsgesteenten genoemd. Er zijn er veel meer, maar daarvan bestaat gedetailleerde literatuur.

De foto's in de tabel zijn uitsneden van foto's van de fotopagina's. De nummering korrespondeert daarmee. De tekst verwijst naar de foto's, maar geeft ook kenmerken die op bijgeplaatste foto's niet altijd duidelijk zijn te zien, maar in de zwerfsteenliteratuur als belangrijk worden genoemd.

De voorbeelden van de gidsgesteenten zijn voornamelijk granieten, in mindere mate porfieren en verder enkele basaltische uitvloeiingsgesteenten en afzettingsgesteenten. Zwerfstenen van omzettingsgesteenten, bijvoorbeeld gneis, worden regelmatig gevonden, maar het is meestal niet mogelijk om daar een eenduidig herkomstgebied aan te koppelen.

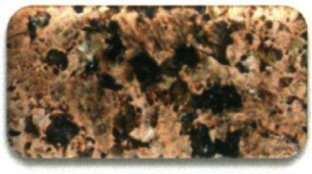
Tabel VII Herkomstgebieden noordelijke gidsgesteenten

Åland
Rapakivi-graniet
[39]



1,6 miljard jaar oud. Rapakivi betekent brokkelige steen. Eerstelingen van ronde kaliveldspaatkristallen met een donkere rand van plagioklaas. Kleinere grijze kristallen zijn kwarts. Donkere mineralen zijn hoornblende en biotiet.

Oost Balticum
Ragundagraniet
[31]

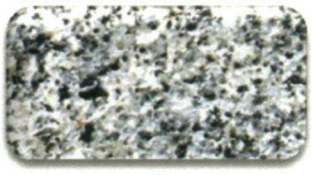


1,5 miljard jaar oude, middenkorrelige graniet, verwant aan de rapakivi's. Zalmkleurige kaliveldspaat met donkere biotiet. Grijze kwartskorrels op de foto slecht zichtbaar.

Oostzee bij Åland
Rode Oostzee kwartsporfier
[21]

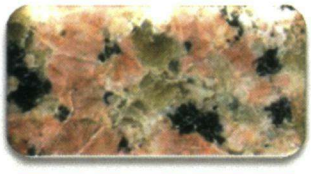
1,6 miljard jaar oude porfier. Donkergrijs gekleurde kwarts en (moeilijk zichtbare) kaliveldspaateerstelingen in een dichte rode grondmassa van kaliveldspaat. Meestal ook insluitsels van basalt (zwarte brokjes met lichtgekleurde reactierand).

Stockholm
Stockholm-graniet
[25]



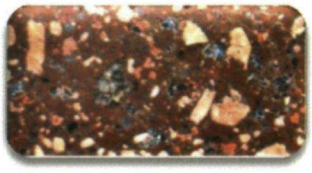
1,8 miljard jaar oude, fijnkorrelige grijze graniet. Kwarts is grijs, kaliveldspaat en plagioklaas wit en biotiet zwart.

Fellingsbro-graniet
[40]



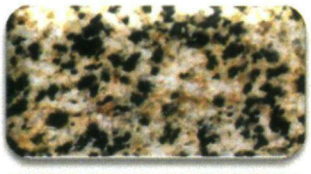
1,6 miljard jaar oude, grofkorrelige graniet met roze kaliveldspaat. In bijgeplaatst voorbeeld is de (witte) plagioklaas deels omgezet naar groene epidoot. Grijze korrels zijn kwarts en de donkere biotiet.

Oostzee bij Stockholm
Bruine Oostzee kwartsporfier
[22]



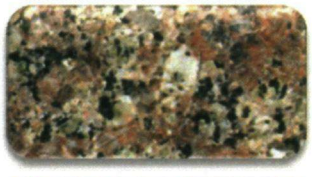
1,6 miljard jaar oude porfier. Veel eerstelingen van licht gekleurde veldspaat (vooral plagioklaas) en grauwe/grijze kwarts (onopvallend maar belangrijk als onderscheidend kenmerk) in dichte grondmassa. Donkere korrels zijn meestal chloriet of erts. Vaak insluitsels van ander gesteente.

Uppland
Salagraniet
[32]



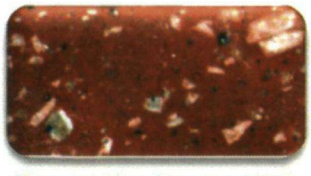
1,9 miljard jaar oude, middenkorrelige graniet. Witte veldspaat (meestal plagioklaas, moeilijk te onderscheiden van kaliveldspaat) en grijze kwarts; donkere korrels zijn meestal biotiet, maar soms ook hoornblende. Oudste Zweedse graniet die als zwerfsteen wordt gevonden.

Dalarna
Siljangraniet
[41]



1,7 miljard jaar oude, kleurrijke graniet. Grote roodbruine kaliveldspaat en kleinere witgele plagioklaaskristallen. Verder grijze kwartskristallen en de donkere korrels zijn meestal biotiet.

Bredvadporfier
[23]



1,7 miljard jaar oude, veel gevonden porfier. Niet al te veel geelwitte hoekige eerstelingen van plagioklaas in een rode zeer fijnkorrelige grondmassa van vooral kaliveldspaat. De grotere (rode) kaliveldspaatkristallen vallen niet op in de rode grondmassa. De grondmassa bevat kwarts, niet zichtbaar.

Dalarna-ignimbriet
[12]

1,7 miljard jaar oude porfier. Lichtgekleurde veldspaatkristallen (meestal plagioklaas) en rood gekleurde slierten (samengedrukte puimsteen) in een donkere, dichte, zeer harde grondmassa.

Öjediabaas-porfier [24]

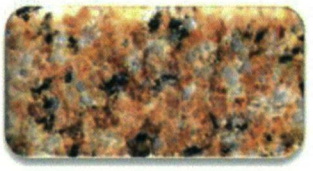
1,2 miljard jaar oude porfirische basalt. Witte plagioklaaskristallen in donkere, fijnkorrelige grondmassa met een basaltische samenstelling. De donkere insluitsels in plagioklaaskristallen zijn vaak chloriet.

Dalazandsteen [59]

1,3 miljard jaar oude zandsteen. Opvallend in het hier afgebeelde exemplaar is de afwisseling van lichtere en enigszins rood gekleurde banden. Dat laatste kan het gevolg zijn van oxidatie van ijzer in de oorspronkelijke zandbodem. Veel voorkomend zijn ook Dalazandstenen met een violetrode kleur.

Smaland & omgeving

Växjögraniet [30]

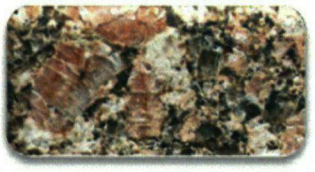


1,8 miljard jaar oude gelijkkorrelige graniet. In dit geval de rode variant (er is ook nog een grijze, zie daarvoor foto 29). Veel bleekrode kaliveldspaat en grijsblauwe kwarts; weinig (groenige) plagioklaas en biotiet.

Graversfors-graniet [43]

1,7 miljard jaar oude, opvallend grofkorrelige graniet. Grote kaliveldspaatkristallen met daartussen veel grijze kwarts. Plagioklaas (niet op foto) is in verweerde vorm geelwit. Het donkere mineraal is overwegend biotiet.

Filipstadgraniet [44]



1,8 miljard jaar oude, grofkorrelige graniet; afkomstig van een langgerekt herkomstgebied in Midden-Zweden (onder Dalarna). Grote rode kaliveldspaatkristallen, tamelijk veel witgele kleine plagioklaaskristallen, grijze kwarts en het donkere mineraal is voornamelijk biotiet, maar ook hoornblende komt voor.

Påskallavik-porfier [38]

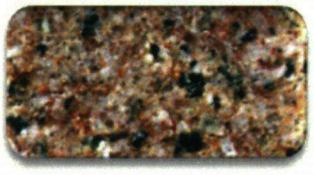
1,8 miljard jaar oude porfier met grote lichtgekeurde en (door druk) vaak gebroken kaliveldspaatkristallen in een grondmassa waarin grijsblauwe kwartskristallen opvallen. Lichte rand om kaliveldspaat (aangroeizone van plagioklaas) komt vaak voor. Op deze foto slecht zichtbaar.

Loftahammer-(ogen)gneis [78]

1,8 miljard jaar oude gneis. Grote rode veldspaatkristallen (porfiroblasten) als 'ogen' ingebed in donkergekleurde biotiet- en kwartshoudende banden.

Bohuslän, Blekinge, Schone

Bohuslängraniet [26]



900 miljoen jaar oude fijn tot middenkorrelige graniet; afkomstig van omvangrijk, relatief jong granietmassief. Scherpe korrelgrenzen. Kwarts is donkergrijs tot bruin, kaliveldspaat roodbruin, plagioklaas witgeel en biotiet in donkere aggregaten.

Karlshamn-graniet [42]

1,4 miljard jaar oude, grofkorrelige graniet. Grote rode kaliveldspaatkristallen, witgrijze plagioklaas, grijze kwarts en zwarte biotiet die vaak als 'strepen' in het gesteente zit (hier minder duidelijk zichtbaar).

Skolithos-zandsteen [63]

Meer dan 500 miljoen jaar oude zandsteen met graafgangen van wormen (skolithos linearis), loodrecht op de gelaagdheid. Vaak heeft het sediment in de graafgangen een andere kleur dan het omliggende sediment. Exemplaar op de foto waarschijnlijk afkomstig van zeebodem bij Kalmarsund.

Bornholm

Bornholm-streepgraniet (gneis) [79]

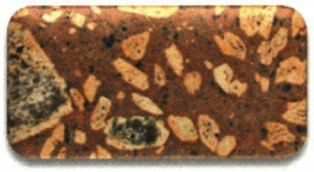
1,5 miljard jaar oude, fijnkorrelige graniet, overgaand naar gneis. Korte donkere strepen met vooral biotiet. Rood-bruine vlekken door secundair ijzer.

Oslogebied

Larvikiet
[46]

290 miljoen jaar oude, grofkorrelige syeniet. Vooral 'mengkristallen' van plagioklaas en kaliveldspaat met kenmerkende blauwachtige parelmoerglans in vochtige toestand. Donkere mineralen zijn augiet en biotiet.

Rhombenporfier
[27]



290 miljoen jaar oude porfier. Het vulkanische equivalent van de larvikiet (zelfde magma). Meestal licht gekleurde plagioklaaseerstelingen (rhomben)* in fijne donkerder grondmassa van vooral kaliveldspaat.

Zuidelijke en oostelijke zwerfstenen

In heel Nederland zijn zwerfstenen te vinden afkomstig uit België, Frankrijk en Duitsland. Die stenen zijn meegevoerd door de riviersystemen van de Maas, de Rijn en de Eridanos.

Door de Maas zijn stenen meegebracht uit o.a. de Ardennen en de Vogezen. Kenmerkende stenen zijn conglomeraten, vuurstenen, kalkstenen en kwartsieten.

Door de Rijn zijn stenen naar Nederland getransporteerd uit o.a. de Duitse middelgebergten. Kenmerkende stenen zijn kwartsieten, porfieren, zandstenen, lydiet en basalten (o.a. uit de Eifel).

De Eridanos is het Baltische riviersysteen dat momenteel niet meer bestaat maar in het verleden gesteenten meevoerde uit gebieden ten oosten van Nederland o.a. uit de Noord-Duitse middelgebergten. Kenmerkende stenen zijn granieten, porfieren, zandstenen, kwartsieten en lydiet. Ook kwamen in het riviersysteem van de Eridanos, via smeltwaterrivieren, stenen uit Scandinavië terecht die vervolgens werden meegevoerd naar Nederland. Op de kaart op pag. 55 is aangegeven waar de herkomstgebieden van de zuidelijke en oostelijke gidsgesteenten uit tabel VIII liggen.

In tabel VIII zijn voorbeelden gegeven van stenen die door genoemde drie rivieren naar Nederland zijn vervoerd. De foto's in de tabel zijn uitsneden van foto's van de fotopagina's. De nummering korrespondeert daarmee.

*rhombos = ruit

Maas-gesteenten

50. Burnotconglomeraat
51. Andenneconglomeraat
83. Revinienkwartsiet
84. Mairusporfiroïde
92. Lydiet

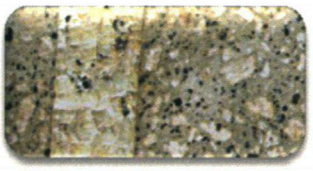
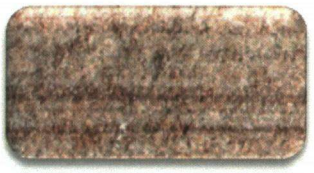
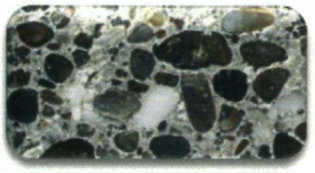
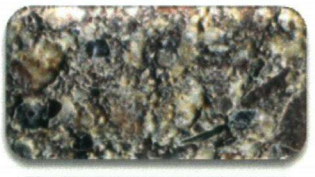
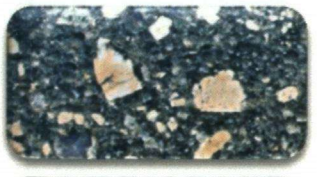
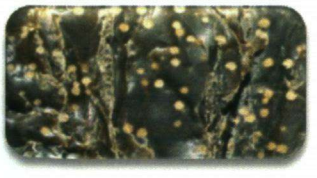
Rijn-gesteenten

28. Drachenfelstrachiet
57. Bontzandsteen
82. Taunuskwartsiet
95. Jaspis

Eridanos-gesteente

91. Gebande vuursteen
93. Radiolariet

Tabel VIII Herkomstgebieden zuidelijke en oostelijke gidsgesteenten

Rijn Drachenfelstrachiet [28]		Een vulkanisch gesteente uit het Zevengebergte in Duitsland, gevormd in het Tertiair. Trachiet is het vulkanische equivalent van syeniet (weinig kwarts). Opvallend in de trachiet van de Drachenfels zijn de grote kaliveldspaatkristallen (sanidien). Donkere mineralen zijn biotiet en amfibool en in mindere mate pyroxeen.
Taunuskwartsiet [82]		Een dicht grijs gesteente afkomstig van het Taunusgebergte in Duitsland, gevormd in het Devoon. Opvallend zijn de wijnrode vlekken in dit gesteente.
Jaspis [95]		Een microkristallijne kwartssoort die veel voorkomt in het vulkanische gebied in Duitsland waar de rivieren Lahn en Dill stromen. Vaak rood gekleurd door hematiet, vandaar ook de naam ijzerkiezel. Andere kleuren (geel, groen) kunnen ook voorkomen.
Bontzandsteen [57]		Een rode zandsteen, afkomstig uit Duitsland (Buntsandstein) en gevormd in een woestijnklimaat. Het exemplaar op de foto heeft een zekere 'gelaagdheid' door kleurverschillen. Vaak komt Bontzandsteen ook voor als een egaal rode zandsteen.
Maas Lydiet [92]		Een zeer fijnkorrelig gesteente met een glad oppervlak dat vaak witte kwartsaders bevat. Lydiet (ook wel kiezellei genoemd) is gevormd door omvorming van radiolariënslik tot kryptokristallijne kwarts. De radiolariën zijn niet meer zichtbaar. De oorspronkelijke kleimineralen geven de donkere kleur aan het gesteente.
Andenneconglomeraat [51]		Rolsteentjes van verschillende kleur, o.a. lydiet en kwarts zijn ingebed in een grijsgekleurde matrix (cement). Afkomstig uit de Ardennen en de ouderdom is carbonisch. Stukjes steenkool zijn algemeen in Andenneconglomeraat.
Burnotconglomeraat [50]		Een conglomeraat met een roodbont uiterlijk, waarin naast witte kiezel ook grijze kwartsiet, rode ijzerkiezel en toermalijnkristallen voorkomen. Afkomstig uit de Ardennen (tussen Namen en Dinant). Als zuidelijke zwerfsteen zeer algemeen. De ouderdom is devonisch.
Revinienkwartsiet [83]		Een blauwgijze kwartsiet, waarschijnlijk gevormd eind Cambrium-begin Ordovicium in de belgische – en franse Ardennen. Typisch zijn de witte kwartsaders, maar nog meer de pyrietkristallen of de afdrukken van verdwenen pyriet in de vorm van kubische holtes.
Mairusporfiroïde [84]		Een omgezet porfirisch gesteente uit de franse Ardennen en van cambrische ouderdom. Deze porfiroïden bevatten vaak kwarts, veldspaat (op foto goed zichtbaar) en chloriet als grote kristallen. De grijze grondmassa, waarin we die mineralen ook terugvinden, is enigszins schisteus, hoewel dat aan een zwerfsteen niet altijd gemakkelijk is te zien.
Eridanos Radiolariet [93]		Een kiezellei waarin de kiezelskeletjes van de radiolariën duidelijk zichtbaar zijn. Kiezelleien en radiolariet zijn als grindstenen in Nederland terecht gekomen door rivieren uit midden Duitsland (onder Carboon), maar ook door de Maas.
Gebande vuursteen [91]		Een gesteente dat uit het noord-oosten van Duitsland afkomstig is. De verschillend gekleurde banden in de vuursteen zijn het resultaat van 'ritmische neerslagen' in een marien milieu.

Fotopagina's

Mineralen 58 –65

Stollingsgesteenten 66 –81

Afzettingsgesteenten 82 –91

Omzettingsgesteenten 92 –99

Varia 100—107

Mineralen

Kwarts

1. kwartskristallen in een kwartsporfier

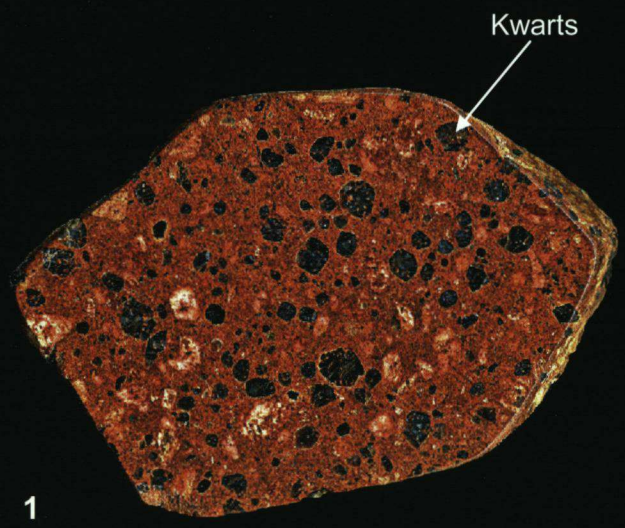
1a. breukvlak kwartskristal

Kaliveldspaat

2. grote kaliveldspaatkristallen in een granietporfier

2a. trapsgewijs breukpatroon

2b. tweelingkristal



1

1a

2a

2

2b

Mineralen

Plagioklaas

3. plagioklaaskristallen in syeniet

3a. lamellaire tweelingkristallen van plagioklaas

Biotiet

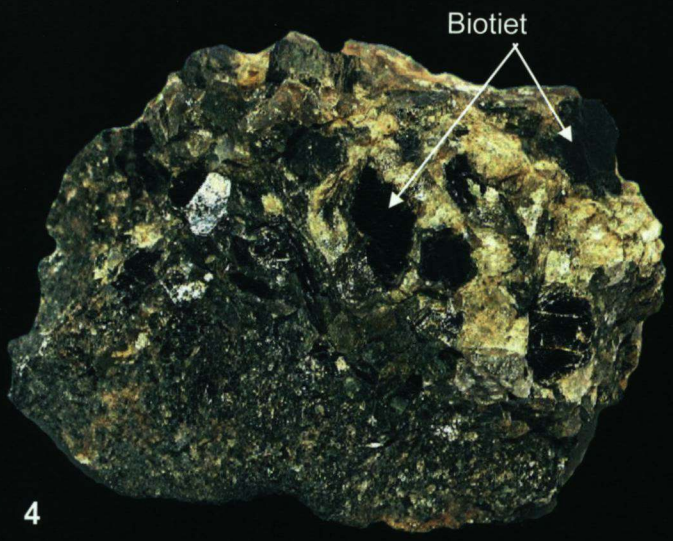
4. biotiet in gesteente

4a. boekvormige stapeling van biotietblaadjes

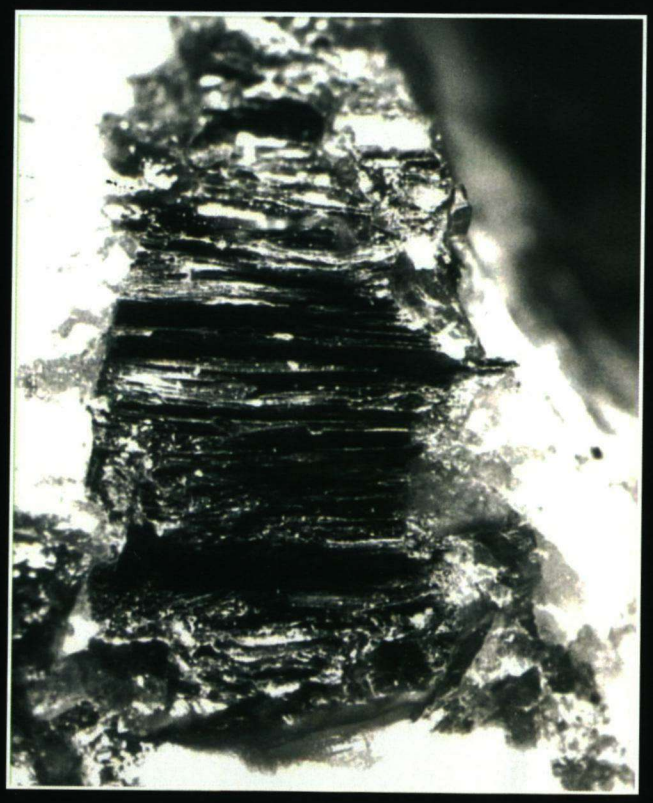
4b. gebogen splijtoppervlak van een biotietkristal

3

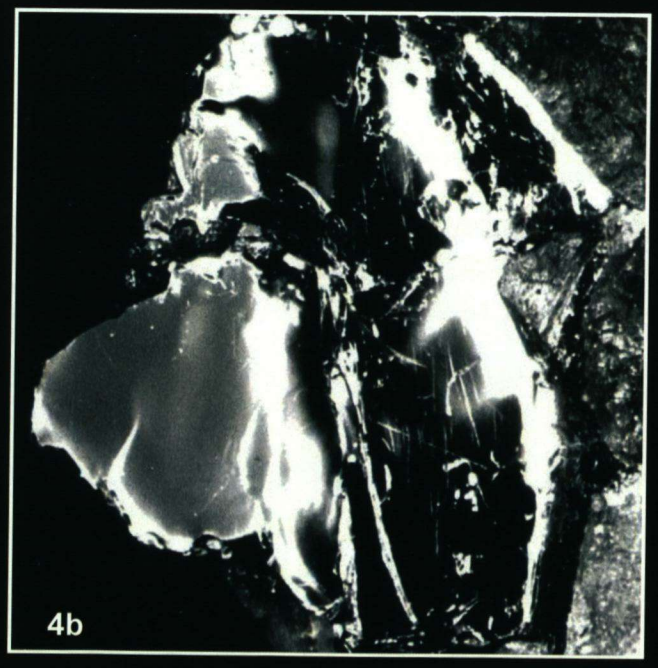
3a



4



4a



4b

Mineralen

Hoornblende

5. hoornblendekristallen in syeniet

5a. breukvlak van een hoornblendekristal met splijtingshoek van 120°

Augiet

6. augietkristallen in basalt

6a. breukvlak van een augietkristal met splijtingshoek van 90°

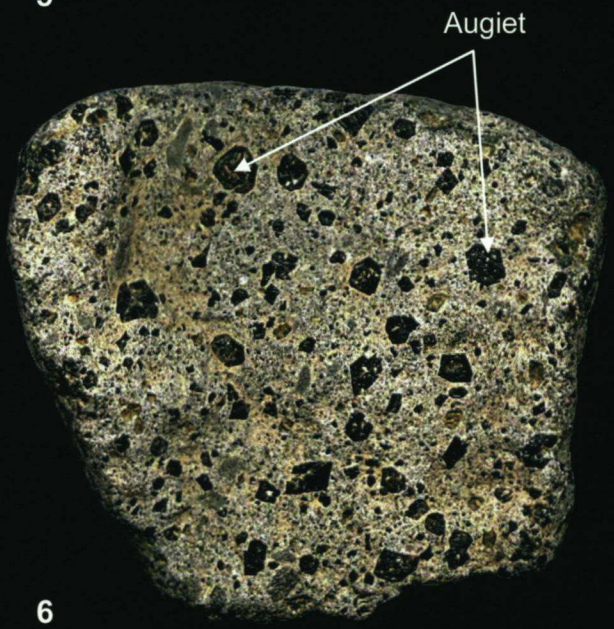
Toermalijn

7. toermalijnkristallen in graniet

7a. langgerekte toermalijnkristallen

5

5a



6

6a

7

7a

Mineralen

Olivijn

8. olivijnkristal in basalt

Granaat

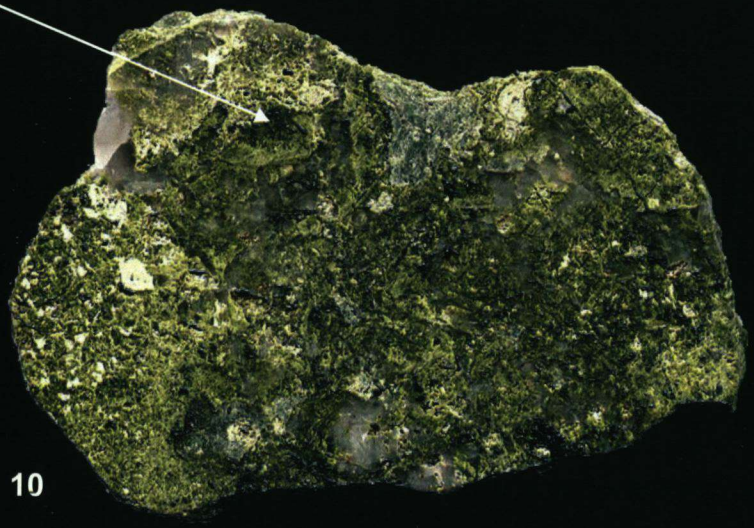
9. granaatkristallen in gneis

Epidoot

10. groene epidootkristallen in metamorf gesteente

8

9



10

Stollingsgesteenten

Pyroklastisch

11. tufsteen

    aaneengekitte asdeeltjes

12. ignimbriet, type Dalarna

    gevormd uit een vloeibaar mengsel van heet gas en asdeeltjes

    vloeistructuur is te zien als rode slierten samengedrukte puimsteen

    de witte kristallen in de donkere grondmassa zijn plagioklaas

13. ignimbriet, type Blyberg

14. ignimbriet

11

12

13

14

Stollingsgesteenten

Amorf

15. puimsteen
    'glas' met een poreuze structuur

16. obsidiaan
    vulkanisch glas

Microkristallijn

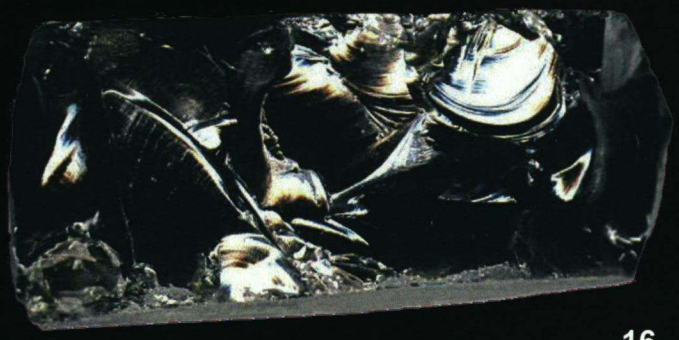
17. basalt
    dichte structuur waarin kristallen met blote oog of loupe niet zichtbaar zijn

18. basalt (zuiltje)

19. lavasteen (vesiculaire structuur)
    kristallen zijn niet zichtbaar

20. melafier (amygdaloïde structuur)
    oorsponkelijke holtes zijn later weer opgevuld met agaat

15

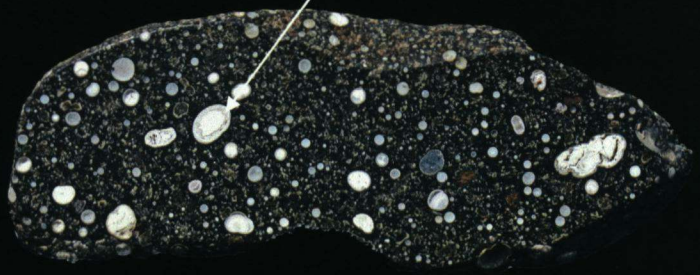


16

17

18

19



20

Stollingsgesteenten

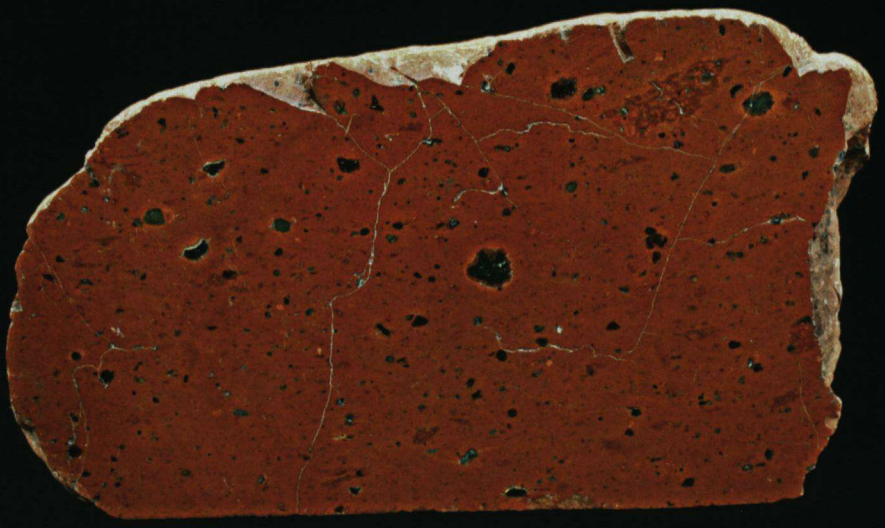
Microkristallijn met eerstelingen

21. kwartsporfier, type Rode Oostzee
    donkere kwartskristallen in dichte rode grondmassa

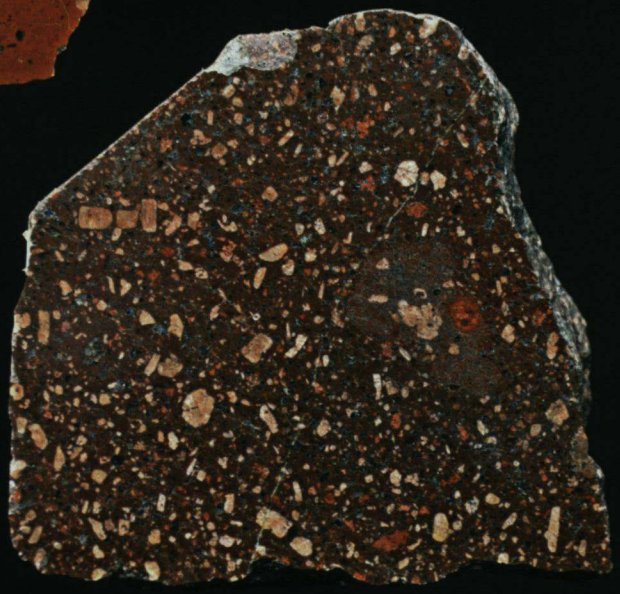
22. kwartsporfier, type Bruine Oostzee
    grijze kwarts en licht gekleurde veldspaatkristallen in bruine grondmassa

23. porfier, type Bredvad
    licht gekleurde veldspaatkristallen (in dit geval plagioklaas) in dichte rode grondmassa

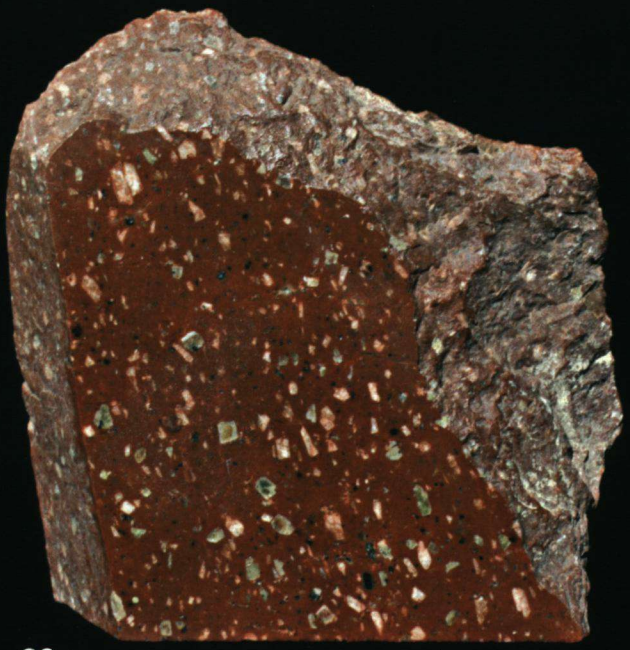
24. porfier(iet), type Őjediabaas
    grote witte plagioklaaskristallen in basaltische grondmassa



21



22



23

24

Stollingsgesteenten

Fijnkorrelig

25. graniet, type Stockholm
    grijze kwarts, witte veldspaat en donkere biotiet

26. graniet, type Bohuslän
    grijsbruine kwarts, donkere biotiet, roodbruine en witgele veldspaat

Fijnkorrelig met eerstelingen

27. rhombenporfier
    plagioklaaskristallen in fijnkorrelige grondmassa
    De kristallen waaruit de grondmassa bestaat zijn met de loupe te zien

28. trachiet, type Drachenfels
    grote kaliveldspaatkristallen in fijnkorrelige grondmassa

25

26

27

28

Stollingsgesteenten

Middenkorrelig

29. graniet, type Grijze Växjö
    donkere biotiet- en chlorietkristallen; de witte, grijze en bruine kristallen zijn een lastig te onderscheiden mengsel van kwarts en veldspaat

30. graniet, type Rode Växjö
    grijze kwarts en rode kaliveldspaatkristallen

31. graniet, type Ragunda
    donkere biotiet en zalmkleurige kaliveldspaatkristallen; kwarts wel aanwezig maar is op de foto slecht zichtbaar

32. graniet, type Sala
    witte veldspaatkristallen (vooral plagioklaas), grijze kwarts en donkere biotiet

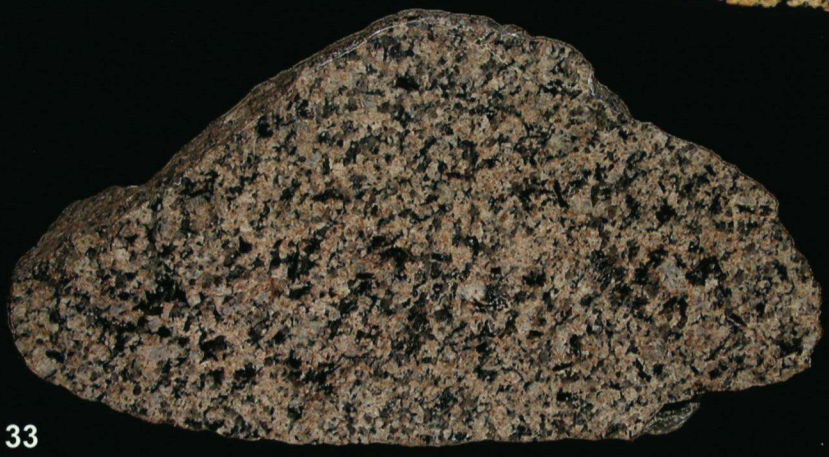
33. granodioriet
    donkere biotiet- en hoorblendekristallen; de rest is veldspaat (vooral plagioklaas) en kwarts

29

30

31

32



33

Stollingsgesteenten

Middenkorrelig

34. tonaliet

vrij veel donkere hoornblende en biotiet; de rest is plagioklaas en kwarts

35. dioriet

lijkt op tonaliet maar dan heel weinig kwarts; verschil is op de foto's niet zichtbaar

36. syeniet

veel witroze veldspaat; weinig kwarts en donkere mineralen

Middenkorrelig met eerstelingen

37. granietporfier

grote rode kaliveldspaatkristallen in een grondmassa van veldspaat en biotiet

38. porfier, type Påskallavik

lichtgekleurde grote kaliveldspaatkristallen, sommige met een nog lichtere rand van plagioklaas; in de grondmassa zitten blauwgekleurde kwartskristallen

34

35

36

37

38

Stollingsgesteenten

Grofkorrelig

39. graniet, type Alandrapakivi
    ronde kaliveldspaatkristallen met een donkere plagioklaasrand; in de grondmassa veldspaat, grijze kwarts, (zwartgekleurde) biotiet en hoornblende

40. graniet, type Fellingsbro
    rode kaliveldspaat, witte plagioklaas (deels omgezet naar groene epidoot), grijze kwarts en donkere biotiet

41. graniet, type Siljan
    vooral grote kaliveldspaatkristallen met verder gelige plagioklaas, grijze kwarts en donkere biotiet

42. graniet, type Karlshamn
    lichtrode kaliveldspaat, witgrijze plagioklaas, grijze kwarts en donkere biotiet

43. graniet, type Graversfors
    grote rode kaliveldspaatkristallen met daartussen witgelig gekleurde plagioklaas, grijze kwarts en donkere biotiet

44. graniet, type Filipstad
    grote rode kaliveldspaatkristallen, witte plagioklaas, grijze kwarts, donkere biotiet en hoornblende

39

40

41

42

43

44

Stollingsgesteenten

Grofkorrelig

45. syeniet, type Noordkaap

46. syeniet , type Larvikiet
    grote mengkristallen van plagioklaas en kaliveldspaat geven een parelmoerglans; donkere mineralen zijn augiet en biotiet

47. syeniet, type Nordmarkiet
    voornamelijk roodbruine kalivelspaat en weinig kwarts; donkere kristalllen zijn amfibool en pyroxeen

48. gabbro
    de lichtgekleurde delen bestaan uit plagioklaas, de donkere delen uit pyroxeen

Grofkorrelig met eerstelingen

49. granietporfier
    grote rode kaliveldspaatkristallen in een grondmassa van grijze kwarts, witgele plagioklaas en donkere biotiet

45

46

47

48

49

Afzettingsgesteenten

Conglomeraten

50. conglomeraat, type Burnot
    met o.a. rode ijzerkiezel

51. conglomeraat, type Andenne
    met o.a. zwarte lydiet

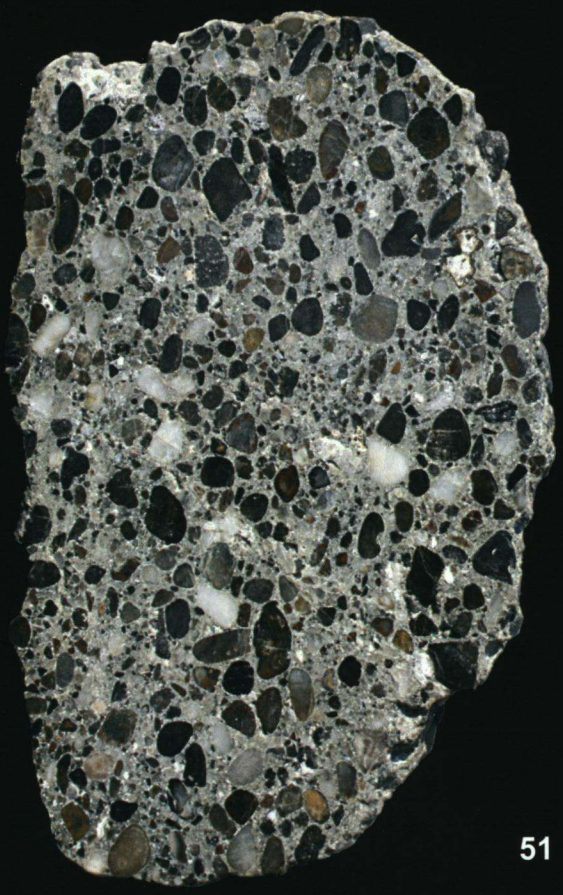
Breksies

52. breksie, endogeen, monomict

53. breksie, exogeen, polymict

54. jaspisbreksie, exogeen, monomict

50



51

52

53

54

Afzettingsgesteenten

Zandstenen

55. zandsteen

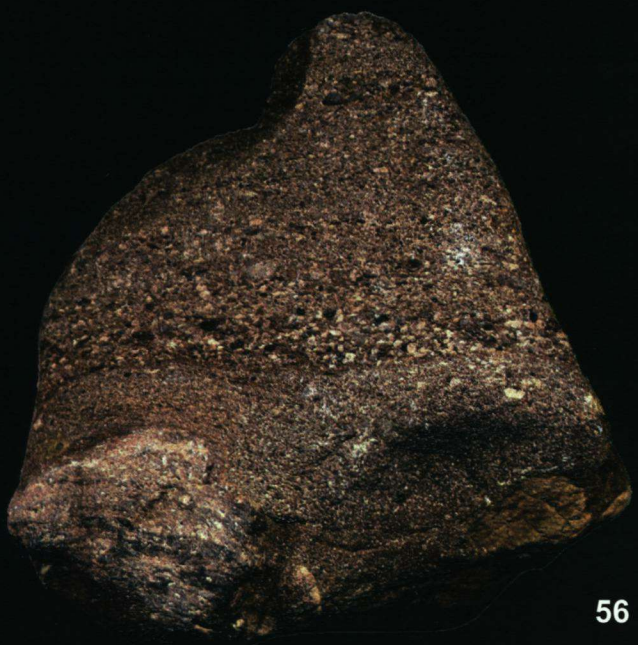
56. zandsteen
    verschillende korrelgroottes

57. zandsteen, type bontzandsteen

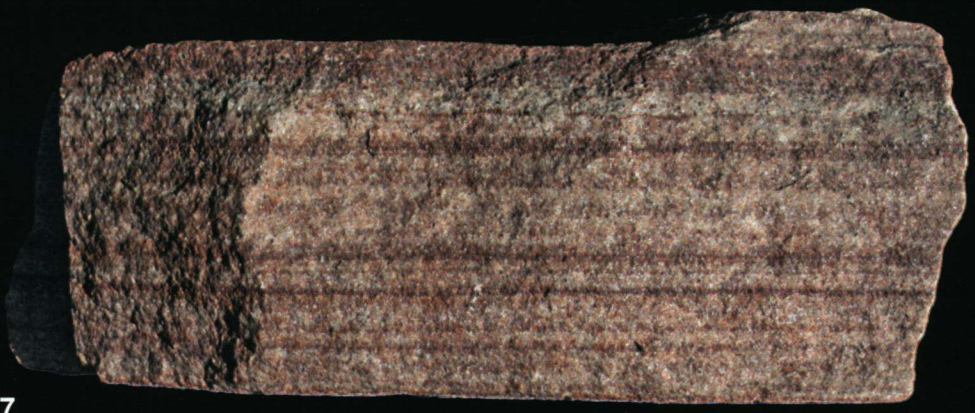
58. zandsteen
    'kris kras' gelaagd

59. zandsteen, type Dalazandsteen

55



56



57

58

59

Afzettingsgesteenten

Zandstenen

60. zandsteen, type arkose;
    typerend zijn de witte veldspaten

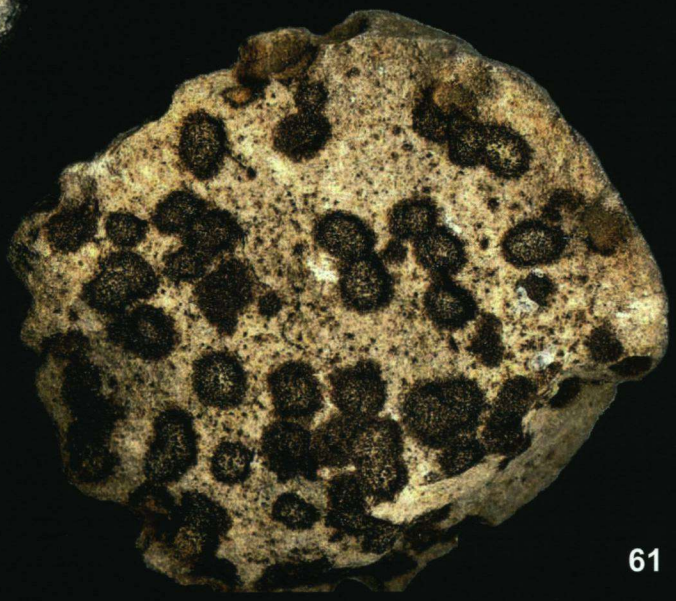
61. 'tijger'zandsteen
    met donkerbruine concreties van ijzeroxide

62. zandsteen
    met golfribbels

63 'buizen'zandsteen
    met skolithosgangen – skolithos is een wormensoort
    a. horizontale doorsnede
    b. verticale doorsnede

64. 'vlekken'zandsteen

60



61

62

63a

63b

64

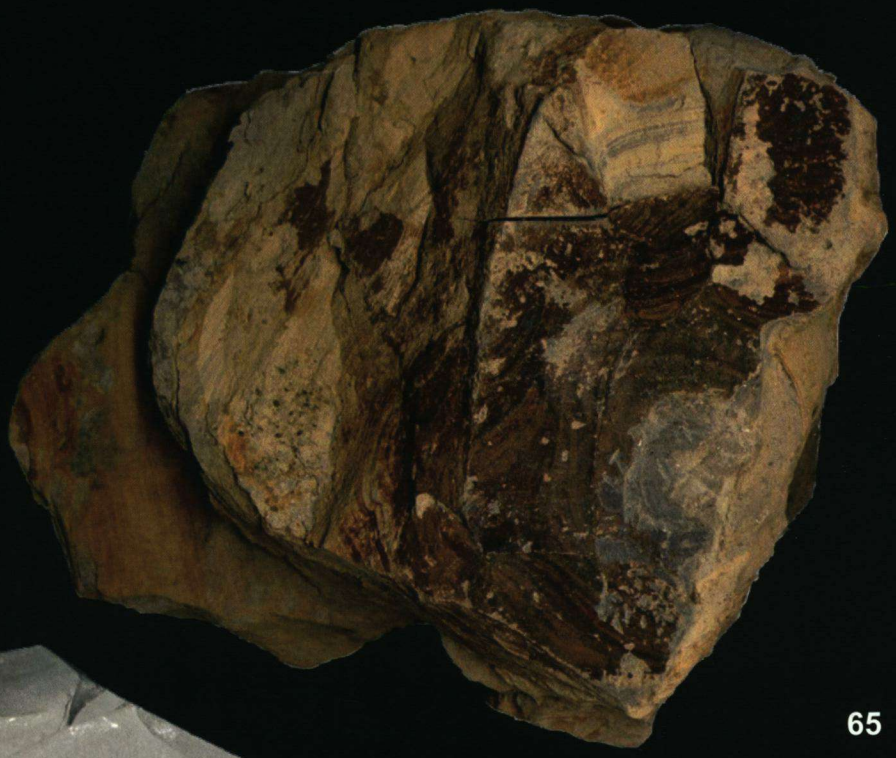
Afzettingsgesteenten

Klei- en Siltstenen

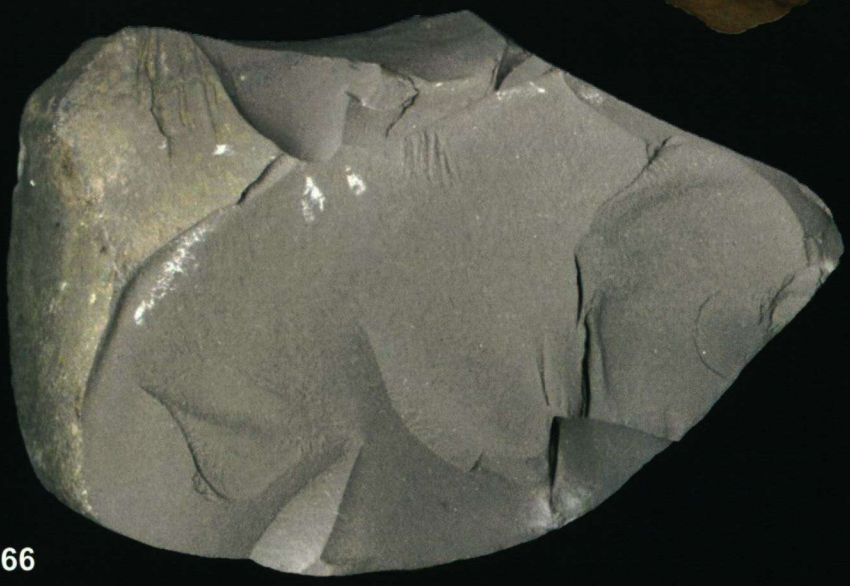
65. kleischalie

66. kleisteen

67. siltsteen



65



66

67

Afzettingsgesteenten

Kalksteen, chemisch

68. kalksteen

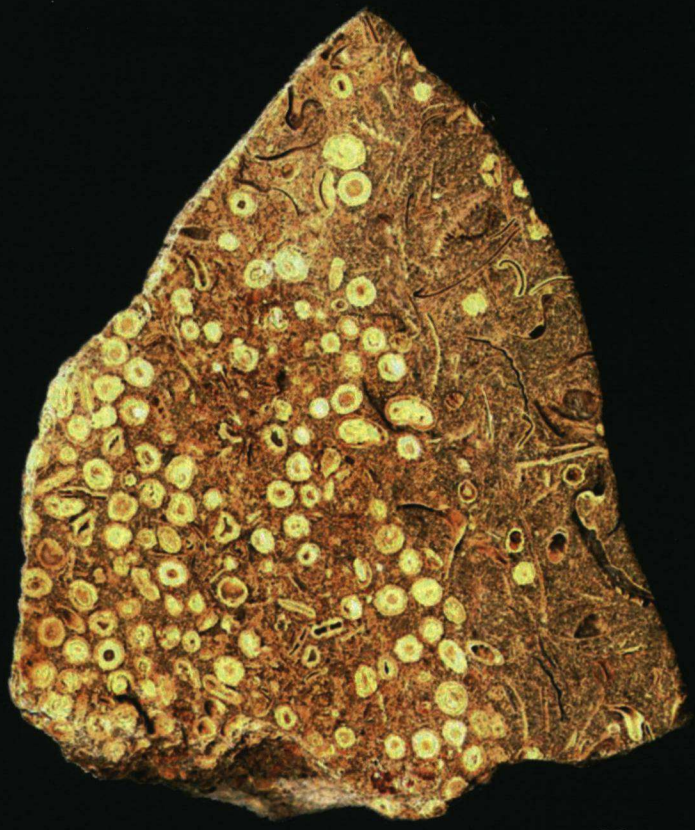
69. oölietenkalksteen

Kalksteen, organogeen

70. kalksteen met crinoïden (zeelelies)

71. kalksteen, type Gotlander koralenkalk

68



69

70

71

Omzettingsgesteenten

72. leisteen
    perfecte splijting

73. fylliet
    met veel (kleurloze) glimmer

74. glimmerschist

75. schist
    type 'nopjeslei' – het donkere mineraal in deze steen is cordiëriet

76. gneis

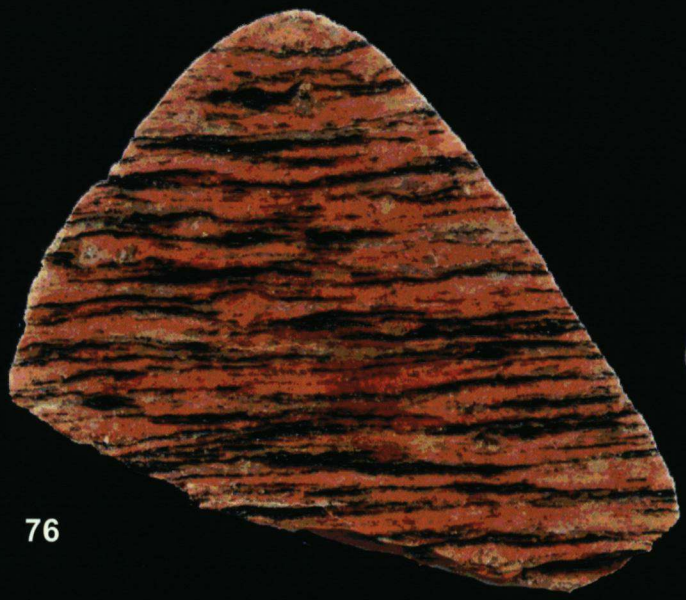
77. 'para'gneis
    vóór de metamorfose een kleiig gesteente

72

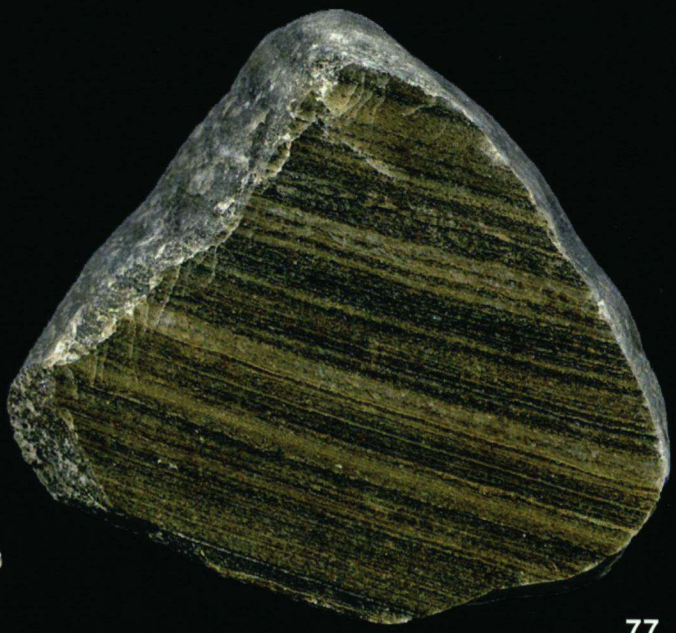
73

74

75



76



77

Omzettingsgesteenten

78. ‘ogen’gneis, type Loftahammer
de ‘ogen’ zijn in dit geval uitgerekte kaliveldspaatkristallen; het donkere mineraal is voornamelijk biotiet

79. gneis, type Bornholm ‘gestreept’
de korte donkere strepen bestaan voornamelijk uit biotiet

80. gneis met granaat

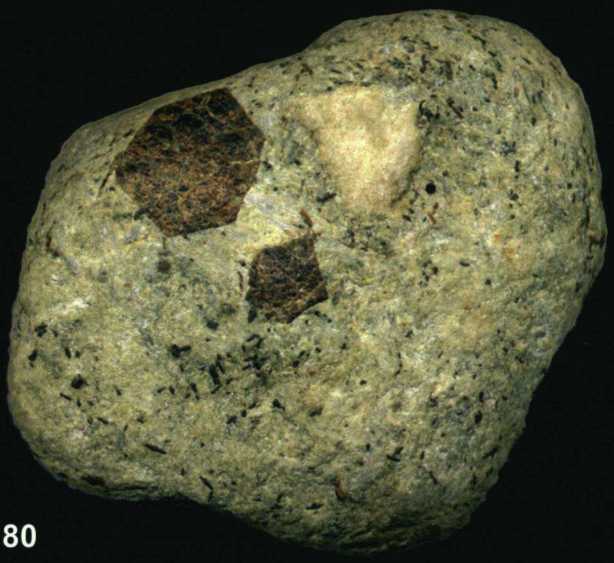
81. amfiboliet
het donkere mineraal is hoornblende

82. kwartsiet, type Taunus
de kleur is grijs, met wijnrode vlekken

83. kwartsiet, type Revinien
het gesteente bevat kubusvormige holten waarin pyrietkristallen zaten

78

79



80

81

82

83

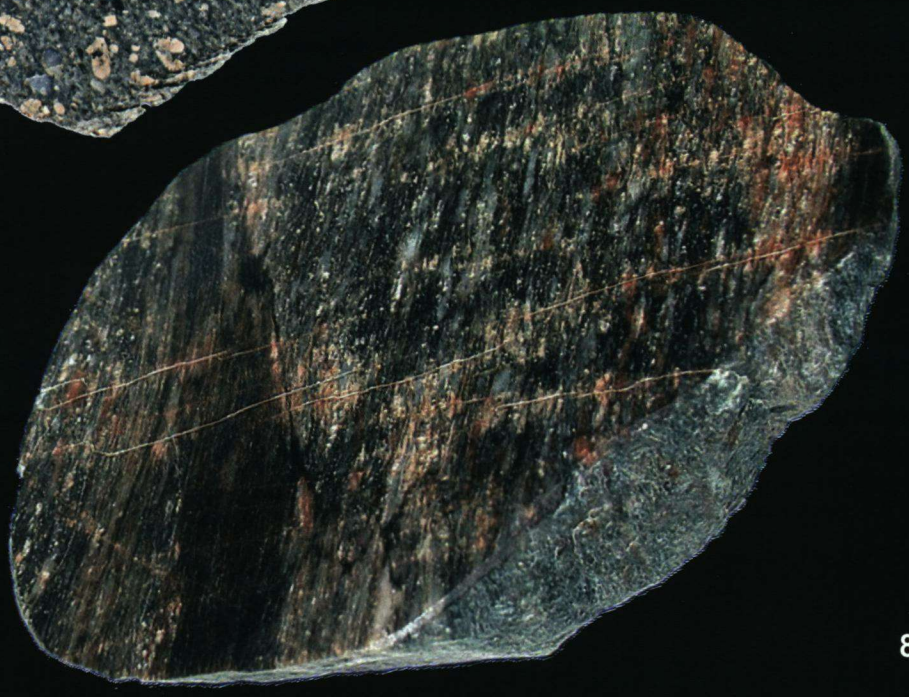
Omzettingsgesteenten

84. porfiroïde, type Mairus
    omgezette porfier; lichtgekleurde kristallen zijn veldspaat

85. helleflint
    een omgezette tuf

86. migmatiet
    afwisseling van lichtgekleurde magmatische delen met metamorfe donkere delen

84



85

86

Omzettingsgesteenten

87. myloniet
    verbrijzeling door mechanische druk

88. hoornrots
    zeer hard contactmetamorf gesteente

89. serpentiniet
    olivijn en pyroxeen omgezet naar serpentijnmineralen

90. eklogiet
    groen pyroxeengesteente met roodbruine granaten

87

88

89

90

Varia

91. vuursteen, type Falster

92. lydiet

verkiezeld radiolariënslik; radiolariën (eencelligen) niet meer zichtbaar, donkere kleur door de kleimineralen in het slik

93. radiolariet

gesteente bevat kiezelskeletdelen van radiolariën (witte stipjes)

94. agaat

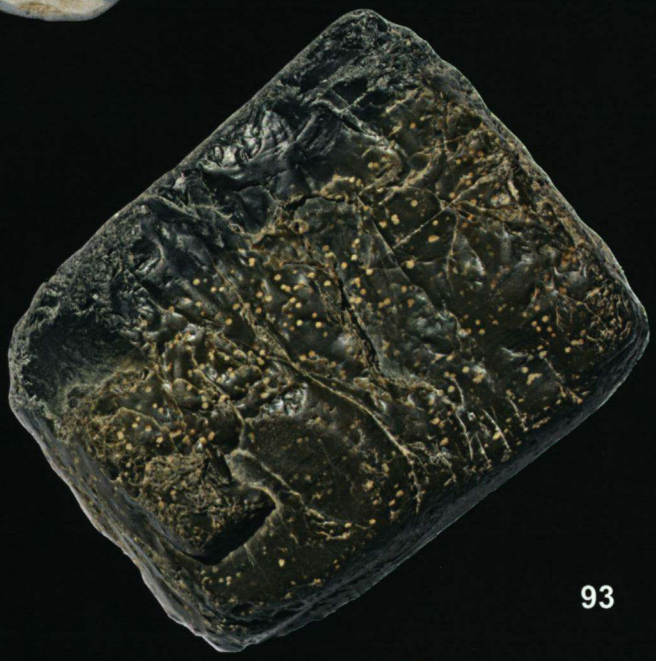
laagjes kwarts afgezet uit kiezelhoudend water

95. ijzerkiezel/jaspis

roodkleuring door ijzeroxiden

91

92



93

94

95

Varia

96. kiezeloöliet

97. klappersteen
    droge stukjes klei geven bij het schudden een klapperend geluid in deze holle klei- ijzersteenconcretie

98. spleetopvulling
    aplietgang door amfiboliet

99. vuursteen
    met botsfiguurtjes

100. rolsteen
    van graniet

101. fosforietknol

96

97

98

99

100

101

Varia

102. wrijfspiegel

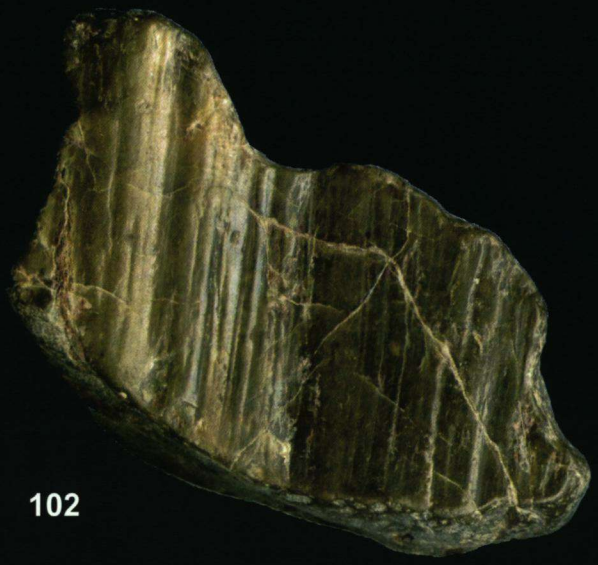
103. gletsjerkrassen

104. plooien in schist

105. xenoliet
donker insluitsel in dioriet

106. verschuiving langs breukvlak

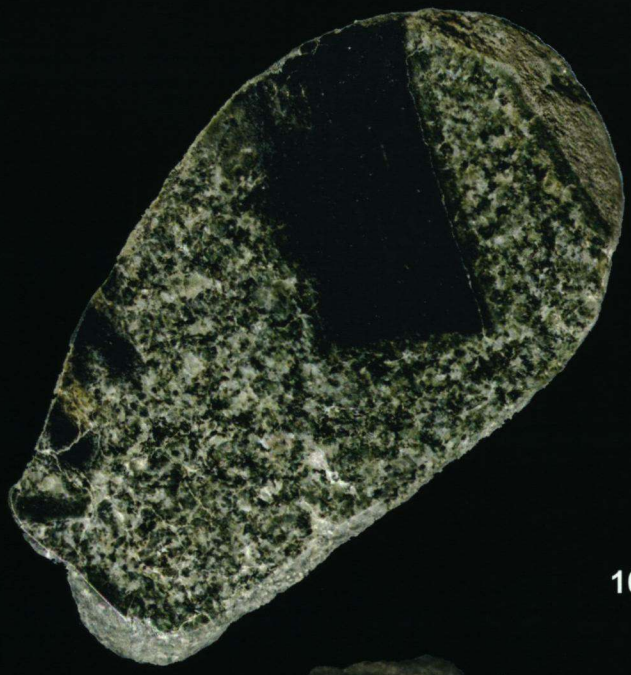
107. keileem



102

103

104



105

106

107

Varia

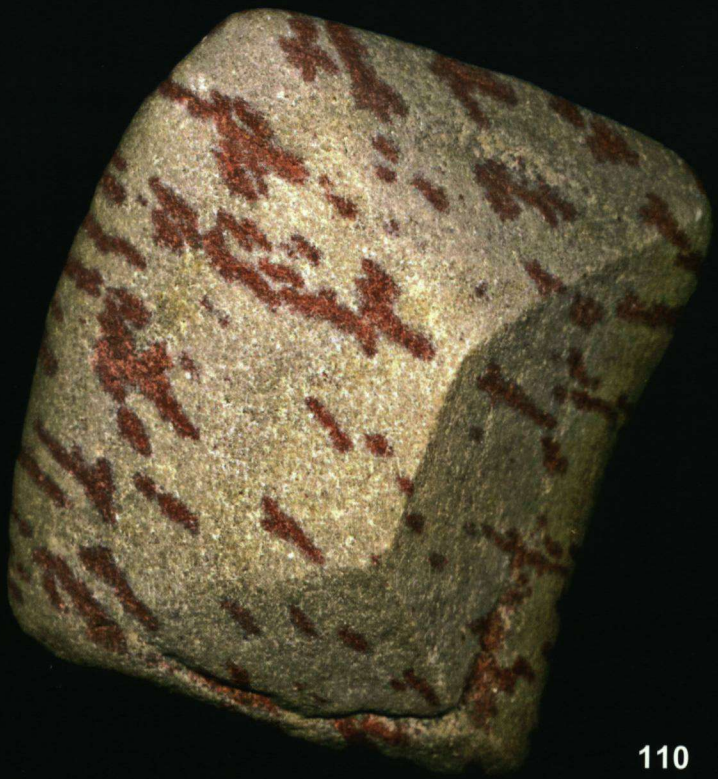
108. fossiel hout

109. windkanter, kwartsiet

110. windkanter viervlak, kwartsiet

108

109



110

Fotoregister gesteenten

Naam	foto nr.
agaat	94
amfiboliet	81
augietkristal breukvlak	6a
augietkristallen in basalt	6
basalt (zuiltje)	18
basalt	17
biotiet in metamorf gesteente	4
biotiet, boekvormige stapeling van biotietblaadjes	4a
biotiet, gebogen splijtoppervlak van een biotietkristal	4b
breksie, endogeen	52
breksie, exogeen	53
jaspisbreksie, exogeen	54
conglomeraat, type Burnot	50
conglomeraat, type Andenne	51
dioriet	35
eklogiet	90
epidootkristallen in metamorf gesteente	10
fosforietknol	101
fossiel hout	108
fylliet	73
gabbro	48
gabbro, type Kinnediabaas	49
gletsjerkrassen	103
gneis	76
gneis met granaat	80
gneis, type 'para'gneis	77
gneis, 'ogen'gneis, type Loftahammer	78
gneis, type Bornholm 'gestreept'	79
granaatkristallen in gneis	9
graniet, type Åland-rapakivi	39
graniet, type Bohuslän	26
graniet, type Fellingsbro	40
graniet, type Filipstad	44
graniet, type Graversfors	43
graniet, type Grijze Växjö	29
graniet, type Karlshamn	42
graniet, type Ragunda	31
graniet, type Rode Växjö	30
graniet, type Sala	32
graniet, type Siljan	41
graniet, type Stockholm	25
granietporfier	37

granodioriet	33
helleflint	85
hoornblendekristal, breukvlak	5a
hoornblendekristallen in syeniet	5
hoornrots	88
ignimbriet	14
ignimbriet, type Blyberg	13
ignimbriet, type Dalarna	12
jaspis	95
kalksteen, oölietenkalksteen	69
kalksteen	68
kalksteen met crinoïden	70
kalksteen, Gotlander koralenkalk	71
keileem	107
kiezeloöliet	96
klappersteen	97
kleischalie	65
kleisteen	66
kwartsiet, type Revinien	83
kwartsiet, type Taunus	82
kwartskristallen in een kwartsporfier	1
kwartskristal breukvlak	1a
lava (vesiculaire structuur)	19
leisteen	72
lydiet	92
melafier, amygdaloïde structuur	20
migmatiet	86
myloniet	87
obsidiaan (vulkanisch glas)	16
olivijnkristal in basalt	8
plooien in schist	104
porfier, type Bredvad	23
porfier, type Bruine Oostzee kwartsporfier	22
porfier, type Rode Oostzee kwartsporfier	21
porfier, type Påskallavik	38
porfier, type Rhombenporfier	27
porfier(iet), type Őjediabaas	24
porfiroïde, type Mairus	84
puimsteen	15
radiolariet	93
rolsteen van graniet	100
schist	74

schist, type 'nopjeslei'	75
serpentiniet	89
siltsteen	67
spleetopvulling, aplietgang door amfiboliet	98
syeniet	36
syeniet, type Noordkaap	45
syeniet, type Larvikiet	46
Syeniet, type Nordmarkiet	47
toermalijnkristallen	7a
toermalijnkristallen in graniet	7
tonaliet	34
trachiet, type Drachenfels	28
tufsteen	11
veldspaat, kaliveldspaatkristallen in een granietporfier	2
veldspaat, trapsgewijs breukpatroon	2a
veldspaat, kaliveldspaat, tweelingkristal	2b
veldstaat, plagioklaaskristallen in syeniet	3
veldspaat, lamellaire tweelingkristallen van plagioklaas	3a
verschuiving langs breukvlak	106
vuursteen met botsfiguurtjes	99
vuursteen, type Falster	91
windkanter viervlak, kwartsiet	110
windkanter, (Taunus)kwartsiet	109
wrijfspiegel	102
xenoliet, donker insluitsel in dioriet	105
zandsteen	55
zandsteen met golfribbels	62
zandsteen, 'buizen'zandsteen met skolithosgangen	63
zandsteen, 'buizen'zandsteen met skolithosgangen, horizontale doorsnede	63a
zandsteen, 'buizen'zandsteen met skolithosgangen, verticale doorsnede	63b
zandsteen, 'kris kras' gelaagd	58
zandsteen, 'tijger'zandsteen	61
zandsteen, 'vlekken'zandsteen	64
zandsteen, type arkose	60
zandsteen, type bontzandsteen	57
zandsteen, type Dalazandsteen	59
zandsteen, verschillende korrelgroottes	56

Geraadpleegde literatuur

Beunk, F., collegedictaat Aardwetenschappen VU Amsterdam
Hellinga, W.Tj., 1982. Elseviers zwerfstenen gids
Hesemann, J., 1975. Kristalline Geschiebe der nordischen Vereisungen
Hucke K. 1967. Einführung in die Geschiebeforschung
Johnsen, O., 2003. Veldgids mineralen
Lijn, P. van der, 1986. Het keienboek
Mottana, A., Crespi, R., Liborio. Thieme's gids voor mineralen en gesteenten
Rudolph F., 2010. Strandsteine
Rudolph F., 2008. Noch mehr Strandsteine
Smed, P., 2002. Steine aus dem Norden
Schumann, W., 1979. Elseviers gids voor stenen en mineralen
Zandstra, J.G., 1988. Noordelijke kristallijne gidsgesteenten
Zandstra, J.G., 1999. Platenatlas van noordelijke kristallijne gidsgesteenten

Zwerfstenensites

http://www.kijkeensomlaag.nl/cms/

http://picasaweb.google.com/huismanzwerfstenen

http://www.kristallin.de/

http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/RockData?rock=Geschiebe

http://www.geologievannederland.nl/zwerfstenen/herkomst-en-transport/noordelijke-zwerfstenen

http://www.digitaalzwerfstenenmuseum.nl/

http://jpruntel.home.xs4all.nl/

http://www.strand-und-steine.de/

http://www.vendsysselstenklub.dk/

Enkele musea met een geologische afdeling

Assen	Drents Museum	www.drentsmuseum.nl
Borculo	Kristalmuseum	www.kristalmuseum.com
Borger	Hunebedcentrum	www.hunebedcentrum.nl
Boxtel	Oertijdmuseum	www.oertijdmuseum.nl
Buitenpost	IJstijdenmuseum	www.ijstijdenmuseum.nl
Denekamp	Natura Docet Wonderryck Twente	www.naturadocet.nl
Den Haag	Museon	www.museon.nl
Enschede	TwentseWelle	www.twentsewelle.nl
Giethoorn	De oude Aarde	www.deoudeaarde.nl
Grou	Mineralogisch Museum	www.mineralengrou.nl
Haarlem	Teylers Museum	www.teylersmuseum.eu
Laren	Geologisch Museum Hofland	www.geologischmuseumhofland.nl
Leeuwarden	Natuurmuseum Fryslân	www.natuurmuseumfryslan.nl
Leiden	Naturalis Biodiversity Center	www.naturalis.nl
Maastricht	Natuurhistorisch Museum	www.nhmmaastricht.nl
Nijmegen	Natuurmuseum	www.natuurmuseum.nl
Rotterdam	Natuurhistorisch Museum	www.nmr.nl
Schokland	Museum Schokland en gesteentetuin	www.schokland.nl
Sint Odiliënberg	Roerstreekmuseum	www.roerstreekmuseum.nl
Tilburg	Natuurmuseum Brabant	www.natuurmuseumbrabant.nl
Velp	Gelders Geologisch Museum	www.geologischmuseum.nl
Winterswijk	Museum Freriks	www.freriks.nl