

## MGM Workshop Slijpplaatjes – Uitwerking 3 typen gesteente

### Type 1: Sedimentair gesteente

#### *Wat is het?*

Sedimentair gesteente, of afzettingsgesteente, is een gesteente dat ontstaat door gesteentevorming (lithificatie) van afgezet sediment of organisch materiaal. Het afzetten van sediment (sedimentatie) is een verzamelnaam voor processen waarbij deeltjes bezinken of mineralen neerslaan uit water of een andere vloeibare oplossing. Sediment is afkomstig van een andere plek dan waar je het vindt. Het is ooit op die plek door verwerking en erosie losgemaakt, om daarna door water, wind, massabeweging (bijv. aardverschuiving) of ijs (gletsjer) naar de plek van sedimentatie (=afzetting) te zijn vervoerd.

Hoewel sedimentaire gesteente maar een zeer klein deel van het volume van de Aarde uitmaken, bedekken ze het grootste gedeelte van het aardoppervlak. Sedimentaire gesteenten bestaan gewoonlijk uit lagen, die over elkaar werden afgezet. Het bestuderen van het verloop van deze lagen kan belangrijke informatie opleveren over de eigenschappen van de ondergrond, die bij de constructie van bijvoorbeeld wegen, kanalen, tunnels of huizen van belang kan zijn. Sedimentaire gesteenten zijn bovendien voor de industrie van belang als vindplek van grondstoffen als steenkool, olie, gas, drinkwater en erts.

#### *Waar kun je het vinden?*

Sedimentaire gesteente worden in de bovenste aardlagen gevonden. Sedimentaire gesteenten ontstaan doordat lagen bovenop elkaar worden afgezet (bijv. door nieuwe lagen die bezinken op de zeebodem). Een opeenvolging van lagen wordt gelaagdheid (Engels: *bedding*) genoemd. Gelaagdheid kan van enkele centimeters tot meer dan een meter dik zijn.

Sedimentaire gesteenten werken als een soort geologisch archief: ze dragen informatie in zich over de omstandigheden in een ver verleden. Aan de hand van een gesteente met een bepaalde ouderdom kan een reconstructie van de omstandigheden op het moment dat het gesteente gevormd werd, gemaakt worden. Het gesteente vertelt op die manier iets over het klimaat, de geografie en de flora en fauna in het verleden.

De omgeving (het klimaat en de geografische ligging) waarin een sediment werd afgezet wordt, heet het afzettingsmilieu. Elk afzettingsmilieu heeft een karakteristieke combinatie van geologische processen en omstandigheden. Welk type sediment wordt afgezet wordt behalve door de aanvoer van sediment ook door het afzettingsmilieu bepaald. Dit milieu bepaald hoe makkelijk een bepaald soort sediment op die plek kan neerslaan maar ook hoe goed het sediment bewaard ("gefossiliseerd") blijft. Een groot deel van het sediment dat wordt afgezet kan bijvoorbeeld weer snel verdwijnen door erosie die optreedt in het afzettingsmilieu (bijvoorbeeld door water of wind).

#### *Hoe ontstaat het?*

Sedimentaire gesteenten vormen zich op of vlak onder het aardoppervlak. Sedimentaire gesteenten ontstaan door het bezinken en ophopen van sediment. De aard van het gesteente hangt af van het afzettingsmilieu en de hoeveelheid sediment die wordt aangevoerd. Sommige sedimentaire gesteenten bestaan uitsluitend uit ter plekke gevormd materiaal. Sediment kan ook door wind, water, massabeweging of landijs van elders zijn aangevoerd voordat het bezonk op de plek waar het nu ligt.

Het gebied waaruit het sediment afkomstig is wordt het achterland genoemd. In het achterland verbrokkelde het gesteente door verwerking en erosie tot kleine deeltjes die getransporteerd konden worden. Uit welk type materiaal het afgezette sediment bestaat is niet alleen afhankelijk van het soort gesteente dat in het achterland aanwezig was, maar ook van de methode van transport en het klimaat waaronder het materiaal in het achterland kon verwerken.

Hoe snel sedimentair gesteente gevormd wordt, kan sterk verschillen. In bijvoorbeeld een stroomgeul waar water hard stroomt, kan een paar meter sediment gevormd worden binnen 24 uur, terwijl de sedimentatie op de bodem van de oceaan hooguit enkele millimeters per jaar is. Er zijn twee soorten sedimentatieprocessen: normale sedimentatie en catastrofale sedimentatie. Bij catastrofale processen, zoals massabewegingen (aardverschuivingen) of overstromingen, kan een grote hoeveelheid sediment vrijwel ineens afgezet worden. Normale processen zijn de invloed van de elementen op gesteenten die zich aan het aardoppervlak bevinden. Daardoor komen delen van gesteenten los, die vervolgens door rivieren, wind en ijs vervoerd worden en laten dus een sedimentair gesteente vormen op de plek waar ze afgezet worden.

*Extra*

#### *Diagenese*

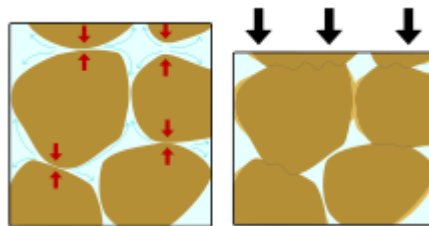
Nadat een sediment is afgezet kan het verschillende processen ondergaan, die samen diagenese genoemd worden. Deze processen spelen in de ondergrond niet alleen in sedimenten maar ook in harde gesteenten.

**Cementatie:** sedimentaire gesteenten zijn vaak verzadigd met grondwater, waarin mineralen kunnen oplossen en neerslaan. Het neerslaan van mineralen (cementatie) zorgt ervoor dat de poriënruimte in het gesteente kleiner wordt. De neergeslagen mineralen vormen een cement, dat het gesteente compacter en harder maakt. Losse sediment-deeltjes (klasten) in het sediment raken door cementatie als het ware aan elkaar vastgelijmd.

**Compactie:** als sedimentatie doorgaat boven op een al bestaande laag, zal de druk in die laag, als gevolg van het gewicht van het bovenliggende nieuwe sediment, toenemen. Het gesteente wordt in elkaar gedrukt, een proces dat compactie wordt genoemd. Deze compactie kan worden versterkt door het proces van drukoplossing, waarbij het gesteente, door het oplossen van mineralen in bijvoorbeeld het grondwater, kleiner wordt, terwijl de opgeloste mineralen in de poriën tussen de klasten weer neerslaan (komt o.a. voor bij cementatie, zie hierboven).

**Consolideren:** een sediment kan consolideren, dat wil zeggen dat uit los sediment een vast gesteente ontstaat. Jonge sedimenten, met name uit het Kwartair (de jongste periode uit de geologische tijdschaal) zijn vaak nog niet geconsolideerd, omdat dit proces tijd kost.

**Uitloggen:** Het kan ook gebeuren dat een bepaald mineraal dat oorspronkelijk in het gesteente aanwezig was, geheel verdwijnt door op te lossen in het grondwater. Dit proces wordt uitloggen genoemd.



*Figuur 1* De werking van drukoplossing in een klastisch gesteente. Terwijl op plekken waar korrels elkaar raken materiaal oplost, kristalliseert in open poriënruimte materiaal als cement uit. Het resultaat is dat het gesteente compacter en steviger wordt. Op deze manier kan bijvoorbeeld los zand in zandsteen veranderen.

#### *Hoe herken je het?*

**Kleur:** de kleur van een sedimentair gesteente wordt meestal veroorzaakt door de aanwezigheid van ijzer. Ijzer kan in de vorm van twee oxiden voorkomen: ijzer(2)oxide en ijzer(3)oxide. Ijzer(2)oxide ontstaat alleen onder zuurstofloze omstandigheden en kleurt het gesteente grijs of groen. Ijzer(3)oxide, vaak in de vorm van het mineraal hematiet, kleurt gesteente rood of bruinig als er zuurstof aanwezig is. Vooral in een droog klimaat ontstaat vaak gesteente met een rossige kleur als gevolg van de oxiderende werking van de atmosfeer.

Wanneer organisch materiaal (bijv. planten- of dierenresten) in gesteente aanwezig is, kleurt dit het gesteente zwart of grijs. Organisch materiaal in sedimentair gesteente is afkomstig van de resten van

dode organismes. Normaal gesproken zal zulk materiaal verrotten door oxidatie of de werking van bacteriën. In sommige gevallen blijft dit toch bewaard en wordt het onderdeel van het gesteente (fossielen).

**Textuur:** de grootte, vorm en ligging van klasten of mineralen in een gesteente wordt de textuur genoemd. De textuur van het gesteente wordt bepaald door eigenschappen op kleine schaal, maar beïnvloedt eigenschappen op veel grotere schaal, zoals de dichtheid, porositeit en doorlaatbaarheid (permeabiliteit) van het gesteente.

Klastische gesteenten (samengesteld uit losse sediment-deeltjes) hebben een *klastische textuur*, dat wil zeggen dat het gesteente uit klasten bestaat. Tussen de klasten kan het gesteente een matrix hebben van fijner materiaal, of een cement dat bestaat uit een chemische neerslag van een of meerdere mineralen. De grootte en vorm van de klasten zegt iets over de mate van stroming in het afzettingmilieu. Zo zal in rustig water zelfs fijn kalkslib kunnen bezinken, terwijl snelstromend water of massabeweging nodig is voor het verplaatsen van grind.

**Mineralogie:** de meest voorkomende mineralen in sedimentaire gesteenten zijn kwarts en calciet (in kalksteen). In tegenstelling tot stollings- of metamorf gesteente bestaat een sedimentair gesteente meestal maar uit enkele verschillende mineralen. Anders dan mineralen in stollingsgesteenten, die altijd ter plekke ontstaan door kristallisatie, kunnen mineralen in sedimentaire gesteenten op allerlei manieren gevormd zijn. Ze kunnen zijn neergeslagen tijdens sedimentatie of uitgekristalliseerd en over oudere mineralen heen gegroeid tijdens diagenese.

**Fossielen:** sedimentair gesteente is het *enige* gesteente waarin fossielen voorkomen. Fossielen zijn overblijfselen of afdrukken van dode organismen. In de natuur blijven dode organismes meestal niet lang bewaard: door aaseters en bacteriën, verrotting en erosie zullen de meeste delen snel verdwijnen. Ze kunnen echter bewaard worden: bijvoorbeeld als er sprake is van een snelle sedimentatie of van zuurstofloze omstandigheden zodat geen verrotting plaats kan vinden, of als het organisme een hard skelet had. Grotere en goed bewaarde fossielen zijn relatief zeldzaam. De meeste sedimentaire gesteenten bevatten fossielen, hoewel ze soms pas door een microscoop (zogenaamde microfossielen) zichtbaar zijn.

Fossielen kunnen directe overblijfselen zijn, zoals bij dieren beenderen, schelpen of andere delen van een hard skelet, of bij planten hard, houtig weefsel. Een fossiel kan ook bestaan uit een dun laagje koolstof, dat overgebleven is van het organisch materiaal waaruit het organisme bestond. Door hoge druk en temperatuur vindt een reactie plaats waarbij vluchtige stoffen als kooldioxide en water vrijkomen en uiteindelijk pure koolstof (vaak in de vorm van het mineraal grafiet) achterblijft. Deze vorm van fossilisatie komt vooral veel voor bij planten en wordt carbonisatie genoemd. Tijdens dit proces kunnen ook fossiele brandstoffen ontstaan.

#### *Link tussen sedimentair gesteente en metamorf gesteente*

Bij begraving kunnen door hoge druk en temperatuur scheikundige reacties optreden, zoals de omzetting van organisch materiaal naar bruinkool en ten slotte grafiet. Als de druk en temperatuur blijven toenemen kunnen ten slotte omzettingen van mineralen naar andere mineralen plaatsvinden. Deze omzettingen worden niet meer tot de diagenese gerekend, maar tot de metamorfose. Gesteenten waarin zulke reacties hebben plaatsgevonden worden metamorf gesteente genoemd. = brug naar volgende type.

## **Type 2: Stollingsgesteente**

*Wat is het?*

Stollingsgesteente is gesteente dat is ontstaan door stolling van magma (onder het aardoppervlak = dieptegesteente of magmatisch gesteente) of lava (aan het aardoppervlak = uitvloeiingsgesteente of extrusief gesteente). De samenstelling hangt af van de plaats waar het magma is ontstaan en de snelheid waarmee het magma (of lava) afkoelde. Er zijn honderden soorten stollingsgesteenten.

Vrijwel alle stollingsgesteenten zijn kristallijne stoffen: ze zijn opgebouwd uit kristallen. In een kristal liggen de atomen gerangschikt in een symmetrische structuur, die een kristalrooster genoemd wordt. Elk mineraal heeft zijn eigen vast kristalrooster. De atomen gingen van de vloeibare fase, waarin ze willekeurig door en langs elkaar konden bewegen, naar een structuur waarbij ze een vaste positie innemen. Omdat magma vrijwel altijd uit verschillende componenten bestaat, kunnen niet alle atomen in hetzelfde kristalrooster gaan zitten: er worden verschillende mineralen gevormd.

#### *Waar kun je het vinden?*

Zowel aan het aardoppervlak als dieper in de aarde. De vorming van magma in de aardmantel en diepere delen van de bodem vindt alleen plaats bij een aantal tektonische situaties: hotspots (vulkanisme), subductiezones (waar 1 plaat onder de andere duikt) en spreidingszones (platen die van elkaar af bewegen). Na vorming zal het magma door een aantal processen kunnen veranderen van samenstelling. Deze factoren bepalen de chemische samenstelling van stollingsgesteente.

Veel opeenhopingen van magma ontstaan ten gevolge van het botsen van aardkorstplaten. Op een aantal plaatsen op aarde verdwijnen oceanische aardkorstplaten dieper onder de aardkorst. Naarmate de wegduikende aardkorstplaat dieper zinkt, nemen temperatuur en druk toe. Uiteindelijk wordt de temperatuur zo hoog, dat meegesleurd zeebodemsediment als eerste gaat smelten (in de aardmantel). Het gevormde magma kan en zal in de diepte langzaam kristalliseren, maar is meestal ook aanleiding tot vulkanisme, waarbij magma naar boven komt en boven de aardkorst lava wordt.

#### *Hoe ontstaat het?*

Magma ontstaat door het (deels) smelten van gesteente. Wanneer een gesteente smelt wordt niet alleen bepaald door de temperatuur, maar ook door de druk en chemische samenstelling van het gesteente. Bij lage druk zal gesteente eerder smelten. De platen tektoniek verdeelt het buitenste deel van de Aarde in tektonische platen, die onderling bewegen. De beweging van de platen wordt aangedreven door convectie in de onderliggende aardmantel. Het type magma dat vormt, en daarom de soorten stollingsgesteente die gevonden worden, verschillen per tektonische situatie. Vanwege de grote chemische verscheidenheid aan stollingsgesteenten is duidelijk dat magma zeer verschillende samenstellingen kan hebben.

Vrijwel alle stollingsgesteenten zijn opgebouwd uit kristallen (ook wel kristallijne gesteenten genoemd). Dit hebben ze gemeen met veel metamorfe gesteenten, die ook uit kristallen zijn opgebouwd. Bij stollingsgesteenten vormen de kristallen zich door afkoeling van gesmolten gesteente. Als door afkoeling in de hete gesteentemassa kristalkiemen ontstaan, trekken atomen uit het magma naar het kristal in wording. De atomen rangschikken zich in een vast patroon dat voor ieder mineraal verschillend is.

#### *Extra*

Magma bestaat uit een mengsel van vloeistoffen. In de half-vloeibare buitenste aardmantel bewegen de mineralen zich vrij. Hierin komen ook mineralen van gedeeltelijk gesmolten aardkorstgesteente voor. De lichtere mineralen drijven in de smelt omhoog, de zwaardere zinken. Als gevolg van de hitte smelten bestaande aardkorstgesteenten en vormen zo grote opeenhopingen van magma. Magma is lichter dan het omringende vaste gesteente, waardoor het de neiging heeft om langzaam in de aardkorst op te stijgen. Hierbij worden delen van het aanliggende gesteente ook gesmolten. De magmahaarden blijven meestal op enkele kilometers diepte onder het aardoppervlak steken, waar ze door langzame afkoeling verharden tot gesteenten. De zeer langzame afkoeling maakt dat gesteenten, die diep in de aardkorst ontstaan, uit relatief grote kristallen bestaan. Deze zijn makkelijk met het blote oog te onderscheiden.

*Hoe herken je het?*

**Mineralen:** Hoewel er duizenden verschillende mineralen bekend zijn, kristalliseren in de meeste magma's vrijwel alleen mineralen uit die tot een kleine groep behoren. Deze mineralen worden gesteentevormende mineralen genoemd. De meeste stollingsgesteenten bestaan voor 95% uit hooguit drie tot vijf verschillende gesteentevormende mineralen. Daarnaast wordt de identificatie van mineralen in stollingsgesteente wat makkelijker omdat ze meestal in vaste "associaties" voorkomen. Kwarts en olivijn komen normaal gesproken bijvoorbeeld niet voor in dezelfde steen. Het één sluit het ander uit.

*Extra*

De gesteentevormende mineralen in stollingsgesteenten zijn silicaten, zoals kwarts, verschillende veldspaten, veldspatoiden, mica's, amfibolen, pyroxenen en olivijnen; en oxiden van magnesium en ijzer, zoals magnetiet en ilmeniet.

**Kleur:** de minerale samenstelling van stollingsgesteenten kan gedeeltelijk worden bepaald aan de hand van hun kleur. Met het blote oog kan een stollingsgesteente alleen herkend worden aan de hand van de mineralen waaruit het is opgebouwd. Een belangrijk visueel onderscheid is de hoeveelheid donkere gesteentevormende mineralen (donkere mica's, amfibolen en pyroxenen). Deze mineralen bevatten de elementen magnesium en ijzer. De lichtgekleurde mineralen kwarts en veldspaten bevatten deze elementen niet of nauwelijks. Desondanks is kleur niet altijd een goed criterium voor classificatie: veldspaten kunnen bijvoorbeeld groen, roze, rood, wit of bruin zijn, afhankelijk van kleine concentraties sporenelementen, verwaarloosbaar voor de algehele samenstelling van het gesteente.

Graniet bestaat voornamelijk uit kwarts en veldspaat en is lichtgekleurd. Het is ontstaan uit magma dat veel silicium bevatte. Andesiet bestaat uit veldspaat, hoornblende, kwarts en mica's. Het is donkerder en is ontstaan uit matig silicium houdende magma. Het nog donkerder basalt bevat zelden kwarts, maar wel veldspaat, hoornblende en mica's.

**Opbouw:** Bij relatief snelle afkoeling en stolling van het magma hebben de atomen niet de tijd in een geordend kristalrooster te gaan zitten. In plaats van kristallen vormt een niet vormvaste, vaste stof: glas. In de natuur komt zulke snelle afkoeling van magma alleen voor wanneer het magma het aardoppervlak bereikt. Extrusieve gesteenten (lava's) bevatten daarom vaak vulkanisch glas; in dieptegesteente komt vrijwel nooit glas voor. Vulkanisch glas is een gesuperkoelde vloeistof, die alleen voorkomt wanneer het gesteente zeer snel stolde.

*Textuur*

De interne opbouw van een gesteente wordt de textuur genoemd. De belangrijkste eigenschappen die de textuur bepalen zijn de grootte (korrelgrootte), de vorm en de oriëntatie van de kristallen. Gesteente dat bestaat uit relatief grote, met het blote oog zichtbare kristallen heeft een faneritische textuur. Een textuur van niet met het blote oog zichtbare kristallen heet een afanitische textuur. Stollingsgesteente kan ook uit fragmenten zijn opgebouwd, die door magmatische activiteit ontstonden en later aan elkaar zijn gesmolten/gedrukt. De fragmenten kunnen brokken van gesteente zijn, losse kristallen, of glas.

De grootte van kristallen in hetzelfde stollingsgesteente kan echter sterk verschillen, bijvoorbeeld tussen de verschillende mineralen. Kristallen die veel groter dan omringende kristallen zijn worden fenocrysten genoemd. De omringende, fijne kristallen waar de fenocrysten zich in bevinden heten de grondmassa. De textuur waarbij het gesteente bestaat uit fenocrysten en een grondmassa wordt porfiritisch genoemd, het gesteente zelf porfier. Hoewel een uitvloeiingsgesteente altijd grotendeels uit een afanitische (met te kleine deeltjes om te onderscheiden) grondmassa bestaat, kan het ook grotere kristallen bevatten die met het blote oog of een handlens gedetermineerd kunnen worden.

### Type 3: Metamorf gesteente

#### *Wat is het?*

Metamorfose betekent 'verandering'. In de geologie verstaan we onder metamorfose: de verandering van de mineralen en/of de structuur en/of de chemische samenstelling van gesteenten. Metamorf gesteente bestaat uit metamorfe mineralen die onder invloed van temperatuur, druk of water onder de aardkorst opnieuw zijn gekristalliseerd (veranderd van kristalrooster = veranderd in een ander mineraal) of gemetamorfiseerd. Meestal gebeurt dit op grotere diepte in de aardkorst of mantel. Een extra voorwaarde is dat het gesteente in vaste toestand blijft. Smelten is dus géén metamorfose. Metamorfe gesteente beslaan een groot deel van de aardkorst en vormen 12% van het landoppervlak. Ze worden geclassificeerd op textuur en chemisch en minerale samenstelling (metamorfe facies).

#### *Waar kun je het vinden?*

Metamorf gesteente vindt je onder de grond, in de diepere aardlagen. Een groot deel van de diepere aardkorst bestaat uit metamorf gesteente. Er zijn twee typen: contact metamorfose (wanneer gesteente in contact komt met magma en daardoor van textuur of samenstelling veranderd, maar in het proces níet smelt (dan wordt het stollingsgesteente) en regionale/dynamische metamorfose (wanneer grote hoeveelheden gesteente over een groter gebied veranderen, bijvoorbeeld een laag diep in de Aarde die door temperatuurverschillen en druk als gevolg van tektoniek veranderd).

#### *Hoe ontstaat het?*

Gesteenten bestaan uit één of meer soorten mineralen en bevatten bijna altijd wel een beetje water. In dit water kunnen verschillende stoffen en zouten zijn opgelost. De mineralen zijn samen stabiel bij de temperatuur, de druk en de watersamenstelling waarbij het gesteente werd gevormd. Door allerlei oorzaken kunnen de temperatuur, de druk en/of de samenstelling van het water veranderen. Zo'n verandering kan zo ver gaan dat de mineralen niet meer stabiel zijn. De mineralen zullen zich moeten aanpassen aan of herschikken naar de nieuwe omstandigheden. Dit kan betekenen dat nieuwe mineralen gaan groeien of dat bestaande mineralen een andere samenstelling krijgen. Het resultaat is een metamorf gesteente.

Het oorspronkelijke gesteente van voor de rekristallisatie of metamorfose noemt men de protoliet. Vaak zijn in metamorfe gesteenten nog kenmerken van de protoliet te herkennen. De protoliet kan een sedimentair- of stollingsgesteente zijn, of een al bestaand metamorf gesteente. De vorming van metamorf gesteente is net als bij stollingsgesteente een endogeen proces (met processen vanuit de Aarde), in tegenstelling tot sedimentair gesteente, waarvan de vorming een exogeen proces is (invloeden van buitenaf: weer en wind). Er zijn twee soorten metamorfose:

**Contact metamorfose:** de veranderingen in het gesteente als magma in een steenholte stroomt. Op de grens met het gesteente dat zich vormt als de magma afkoelt (stollingsgesteente) ligt dan gesteente dat door de hitte veranderd is: het contact-metamorfose aureool. Vanaf deze grens tot de grens met het gesteente dat niet beïnvloedt is door de magma, kan gesteente in allerlei gradaties van metamorfose liggen.

**Regionaal/dynamisch metamorfose:** verandering in grote massa's gesteente over een groot gebied. Horizontale tektonische bewegingen bewegen de aardkorst en veroorzaken zo hoge temperaturen, druk en deformatie, bijvoorbeeld bij gebergtevorming. Soms worden een laag metamorf gesteente omhoog naar het oppervlak geduwd. In dat geval kunnen originele kenmerken en fossielen verdwijnen door erosie. Ook kunnen verschillende gesteente chemische elementen uitwisselen, waardoor hun samenstelling veranderd.

#### *Hoe herken je het?*

Voorbeelden van metamorfe gesteenten zijn: marmer, ontstaan door metamorfose van kalksteen (zelf bijvoorbeeld weer door diagenese ontstaan uit een kalkmodder); kwartsiet, door metamorfose ontstaan uit een kwartsrijke zandsteen; leisteen, ontstaan uit een klei of kleisteen.

**Metamorfe facies (= een bepaalde omstandigheid):** welke metamorfe mineralen in een metamorf gesteente voorkomen hangt af van de precieze druk en temperatuur die in het gesteente geheerst hebben. Sommige mineralen groeien slechts op een klein druk-temperatuurinterval, anderen kunnen onder meer verschillende omstandigheden groeien. Bepaalde groepen van metamorfe mineralen die samen voorkomen en karakteristiek zijn voor een bepaalde druk en temperatuur, worden metamorfe facies genoemd.

**Indexmineralen:** Metamorfe mineralen waarvan de precieze druk- en temperatuursomstandigheden goed bekend zijn, worden indexmineralen genoemd. Ze geven een indicatie hoe diep en warm het gesteente is geweest. Voorbeelden van indexmineralen zijn de drie kristallijne polymorfen van aluminiumsilicaat, andalusiet, kyaniet en sillimaniet. Andere indexmineralen zijn bijvoorbeeld stauroliet, sommige vormen van granaat, plagioklaas, amfibolen, mica's en pyroxenen.

**Deformatie:** deformatie van een vast materiaal, bijvoorbeeld een gesteente, is een proces waarbij de mechanische spanning die in het materiaal heerst leidt tot vervorming van het materiaal. Metamorfe gesteenten zijn vaak ook in min of meerdere mate gedeformeerd, maar dit hoeft per definitie niet zo te zijn.

**Textuur:** metamorfe gesteenten kunnen gelaagd zijn en dit wordt foliatie genoemd. Het gebeurt wanneer een gesteente in 1 richting in elkaar gedrukt wordt tijdens het rekristalliseren. Hierdoor ontstaan platte en lange mineraalkristallen. Dit zie je als banden in de kleuren van de mineralen waaruit ze bestaan. Dit heet dan een gefolieerd gesteente. Soms ontstaan hierdoor ook breukvlakken tussen twee lagen. Niet-gefolieerd gesteente heeft geen duidelijk bandenpatroon.

**Algemene kenmerken:**

- De inhoud is helemaal gekristalliseerd.
- De samenhang van de inhoud - De oriëntatie van de mineralen in één richting (schistositeit) wijst op metamorfose.
- Compact - Holtes en barsten zijn afwezig of opgevuld.
- Geen fossielen - Deze zijn in andere mineralen overgegaan. Sporen ervan kunnen zichtbaar blijven.

*Verband sedimentair en metamorf gesteente*

Niet iedere verandering van een gesteente valt onder metamorfose. Verwering/erosie, bijvoorbeeld, is een ander proces. Ook het begin van de gesteentevorming uit een sediment is geen metamorfose. Dat proces, bijvoorbeeld de verharding van strandzand tot een zandsteen door bedekking met nieuwe lagen sediment, heet *diagenese* (zie ' Type 1: Sedimentair gesteente). De grens tussen diagenese en metamorfose is niet scherp te trekken. In de meeste gevallen ligt die grens zo rond de 150°C.