

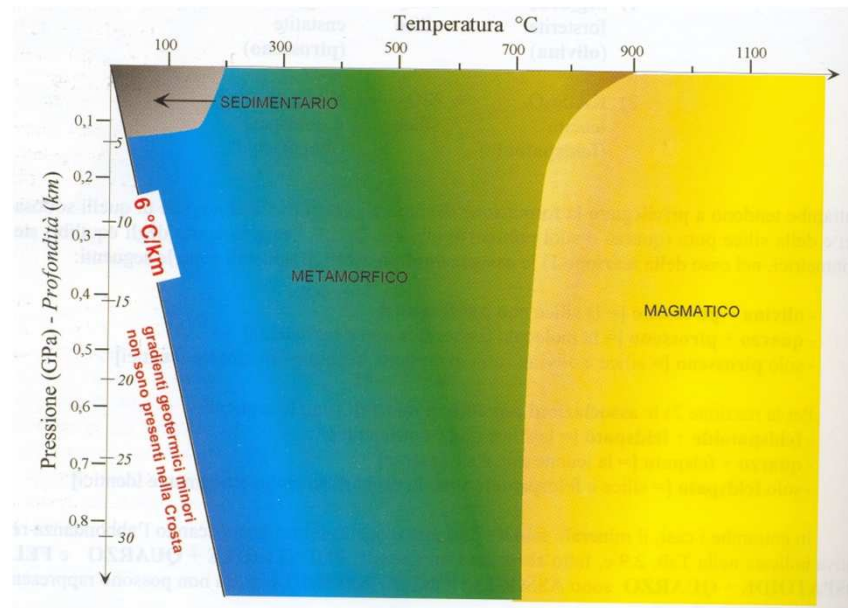
LE ROCCE

Le rocce sono definibili come aggregati naturali di uno o più minerali.

La classificazione delle rocce non è basata solo sulla natura ed incidenza dei costituenti. Elementi importanti che individuano il tipo di roccia sono rappresentati dalla sua struttura e tessitura. Questi caratteri rappresentano una chiave fondamentale per comprenderne le loro modalità genetiche.

Le rocce si formano attraverso i processi petrogenetici che, nella maggior parte dei casi, si attuano nella litosfera. I parametri che controllano tali processi sono la temperatura, la pressione e la composizione chimica.

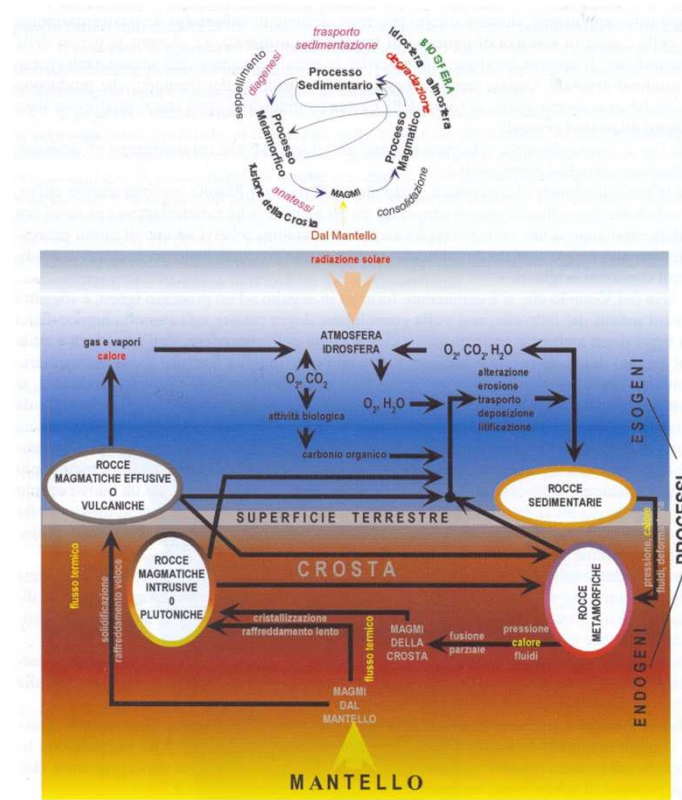
Nonostante i parametri ambientali possano variare con una certa continuità, i processi petrogenetici sono stati distinti in tre gruppi: magmatico o igneo, sedimentario e metamorfico.



Il processo magmatico comprende la formazione di tutte le rocce la cui genesi è correlata alla consolidazione di masse fuse definite magmi. I magmi possono provenire dal mantello o formarsi direttamente nella crosta.

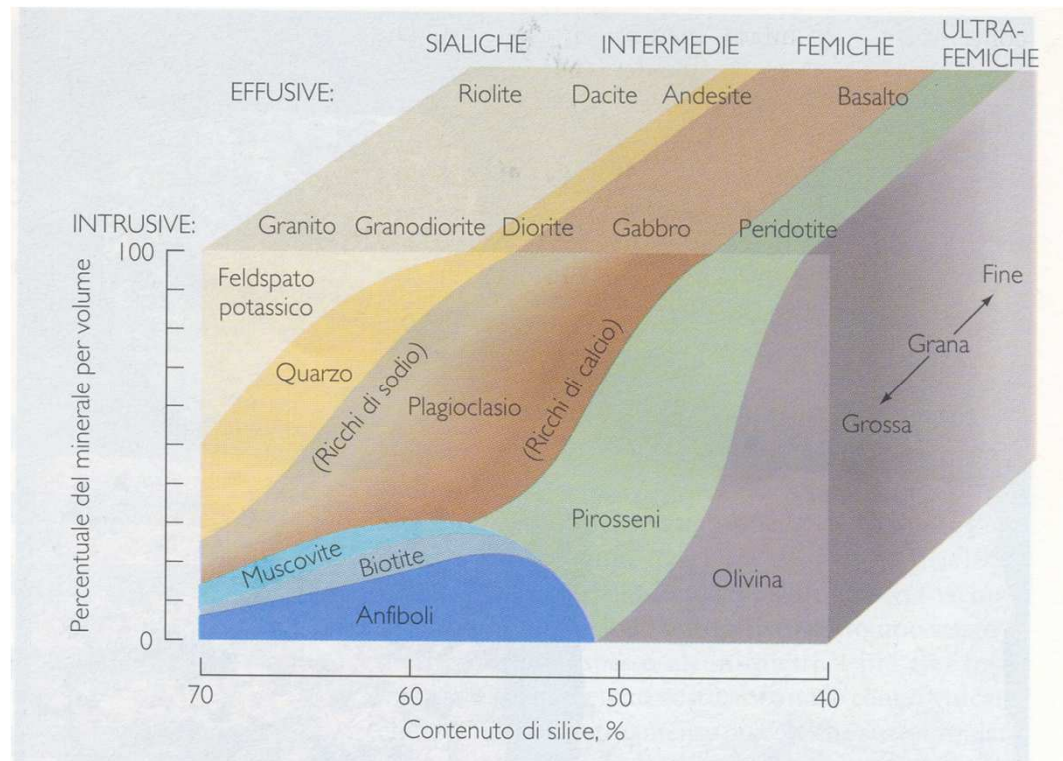
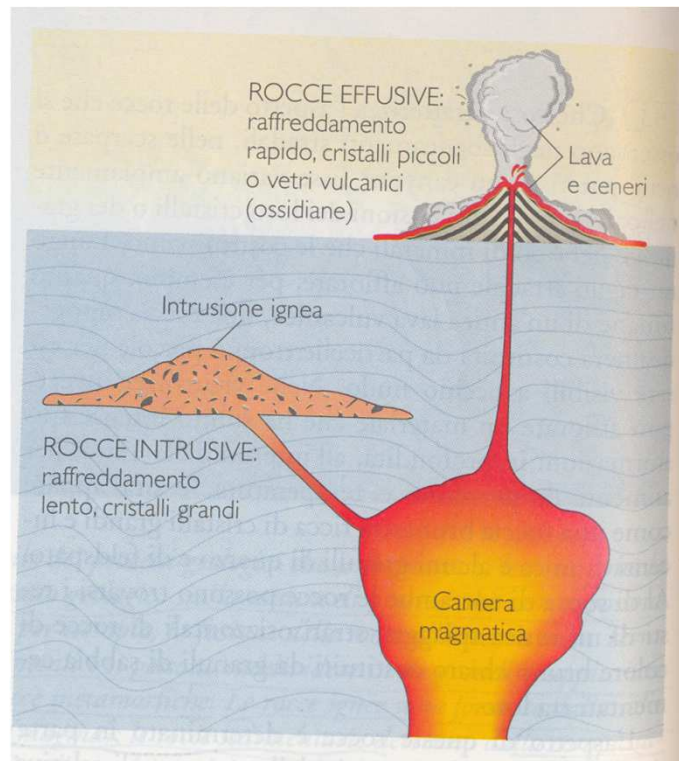
Il processo sedimentario implica la formazione di rocce in ambienti di bassa temperatura e pressione. Si formano sia per degradazione, eventuale trasporto e successivo deposito di materiali proveniente sia da rocce magmatiche, che metamorfiche o già sedimentarie che per processi di evaporazione o in seguito all'attività biologica di organismi animali. La maggior parte dei sedimenti può essere soggetta alla diagenesi che li trasforma in rocce sedimentarie.

Il processo metamorfico trasforma rocce preesistenti in altre con strutture e/o composizioni anche totalmente diverse da quelle originarie. Ciò si verifica sotto l'effetto di variazioni termiche e bariche; durante questo processo definito di subsolidus le trasformazioni si realizzano nella crosta in assenza di processi di fusione dei minerali. Se, durante la genesi delle rocce metamorfiche, il sistema produce fusi silicatici, si entra nel campo dell'ultrametamorfismo ossia nell'anatessi crostale.



ROCCE IGNEE

Le rocce ignee o magmatiche si formano per cristallizzazione da un magma, una massa di rocce fuse che si origina in profondità all'interno della crosta o nel mantello superiore a temperature superiori ai 700°C. Si distinguono due tipi principali di rocce ignee. Quando i magmi si raffreddano lentamente all'interno della crosta, una parte dei cristalli microscopici che cominciano a formarsi quando si passa al di sotto della temperatura di fusione hanno il tempo di accrescersi fino a qualche millimetro o più prima che l'intera massa cristallizzi. In questo caso si parla di rocce ignee intrusive. Quando invece il magma erutta da un vulcano defluendo sulla superficie terrestre, non c'è il tempo perché singoli cristalli si accrescano gradualmente, si formano invece simultaneamente molti cristalli di piccole dimensioni. Tali rocce sono definite ignee effusive o vulcaniche.



Classificazione e nomenclatura delle rocce intrusive

Storicamente le rocce sono sempre state classificate da un punto di vista microscopico. Pertanto il principio informatore era quello mineralogico e quindi l'elemento più importante era l'associazione di minerali (paragenesi). Solo a partire dal 1960 Streckeisen ha cercato di uniformare la nomenclatura delle rocce. Tra le tecniche classiche esiste pertanto il metodo che permette di risalire alla percentuale volumetrica di presenza di ciascun minerale cioè alla moda della roccia. Sulla base dei minerali che la compongono le rocce magmatiche sono definite sialiche se prevalgono quarzo, feldspati e feldspatoidi, femiche se sono abbondanti quelli ferromagnesiaci come olivina, pirosseni e anfiboli. Sulla base dell'analisi modale sono stati distinti 5 gruppi di minerali che corrispondono ai seguenti parametri:

Q: Quarzo

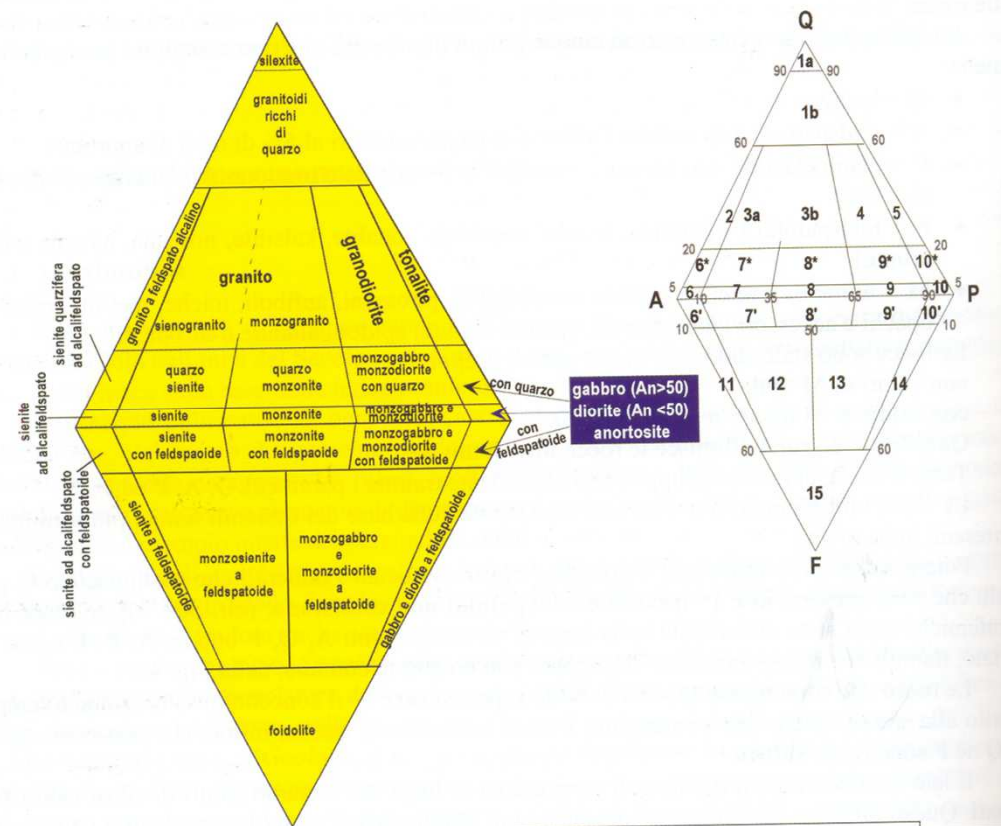
A: Feldspati alcalini inclusa l'albite con tenori inferiori al 5% in moli di anortite;

P: Plagioclasti da An5 a An100;

F: Feldspatoidi (nefelina, leucite, analcime etc etc)

M: minerali femici (olivine, pirosseni, anfiboli, miche etc etc)

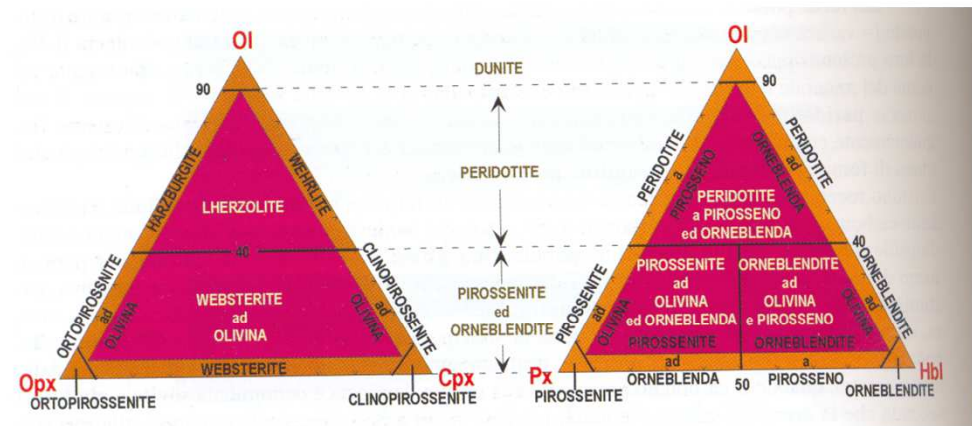
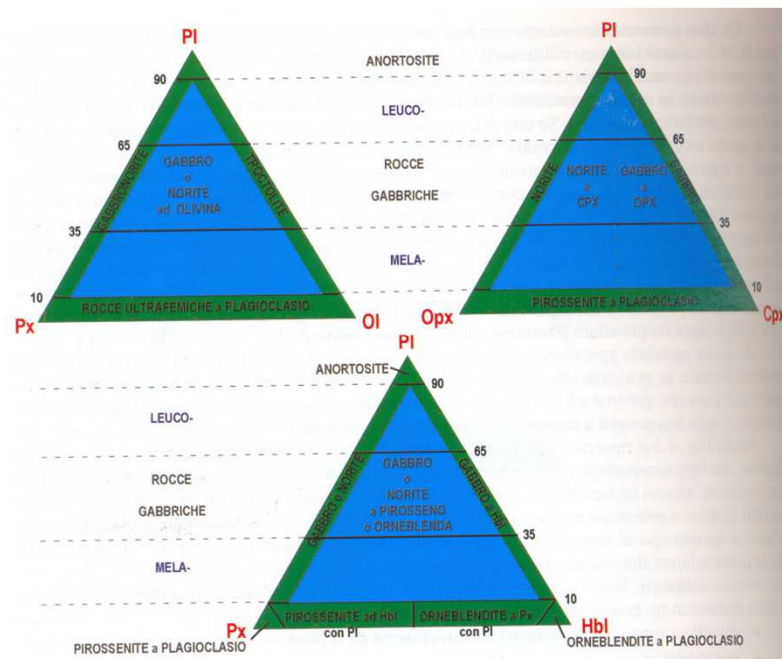
Le rocce sono state suddivise in due grandi gruppi: con valori di $M < 90$ e con valori di M uguali o superiori a 90. Quest'ultimo gruppo riunisce le rocce ultrafemiche.



È da notare che Q e F non coesistono!!!

Le rocce che contengono Q sono definite sovrasature, quelle che contengono F sono sottosature, quelle che non contengono né Q né F sono sature.

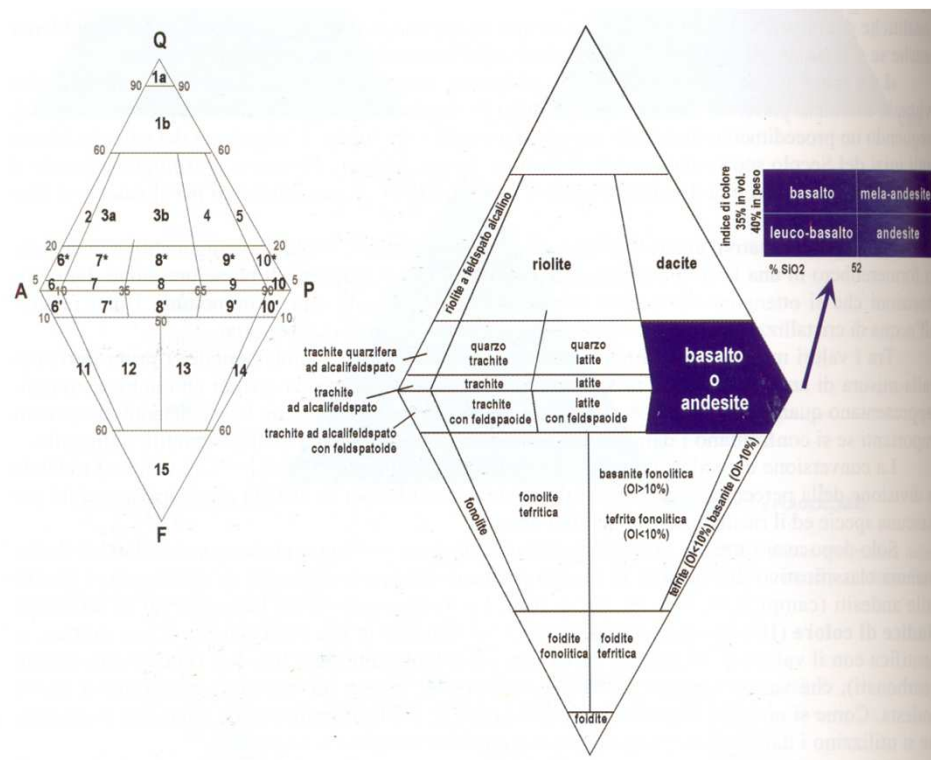
Un parametro importante che non viene contemplato nel diagramma di Streckeisen è quello relativo alla percentuale di minerali femici. M può assumere valori che oscillano da 0 a 90%. Se una roccia contiene un quantitativo maggiore o minore di quello considerato come medio si aggiungerà il prefisso mela- o leuco-.



Classificazione e nomenclatura delle rocce effusive

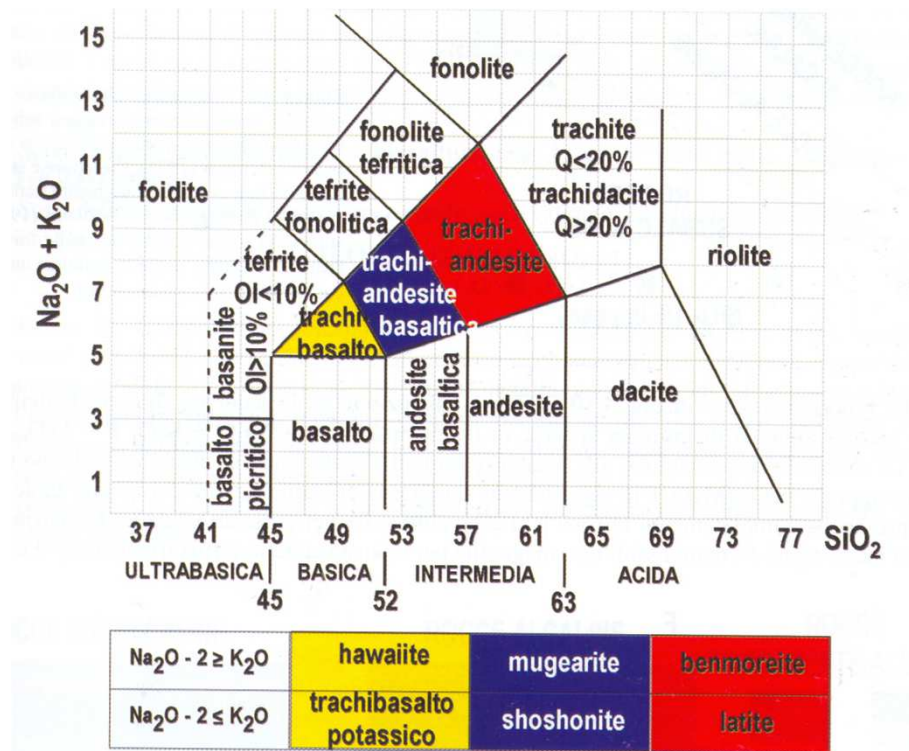
Per le rocce effusive una classificazione su base mineralogica è più difficile perché l'analisi modale non è mai agevole per la presenza di vetro e per la granulometria dell'insieme.

Nonostante questo è stata comunque proposta una nomenclatura che si basa su premesse analoghe a quelle presentate per le rocce effusive. La norma di una roccia rappresenta una composizione mineralogica virtuale calcolata partendo dai suoi dati chimici. La dizione ufficiale è norma CIPW.

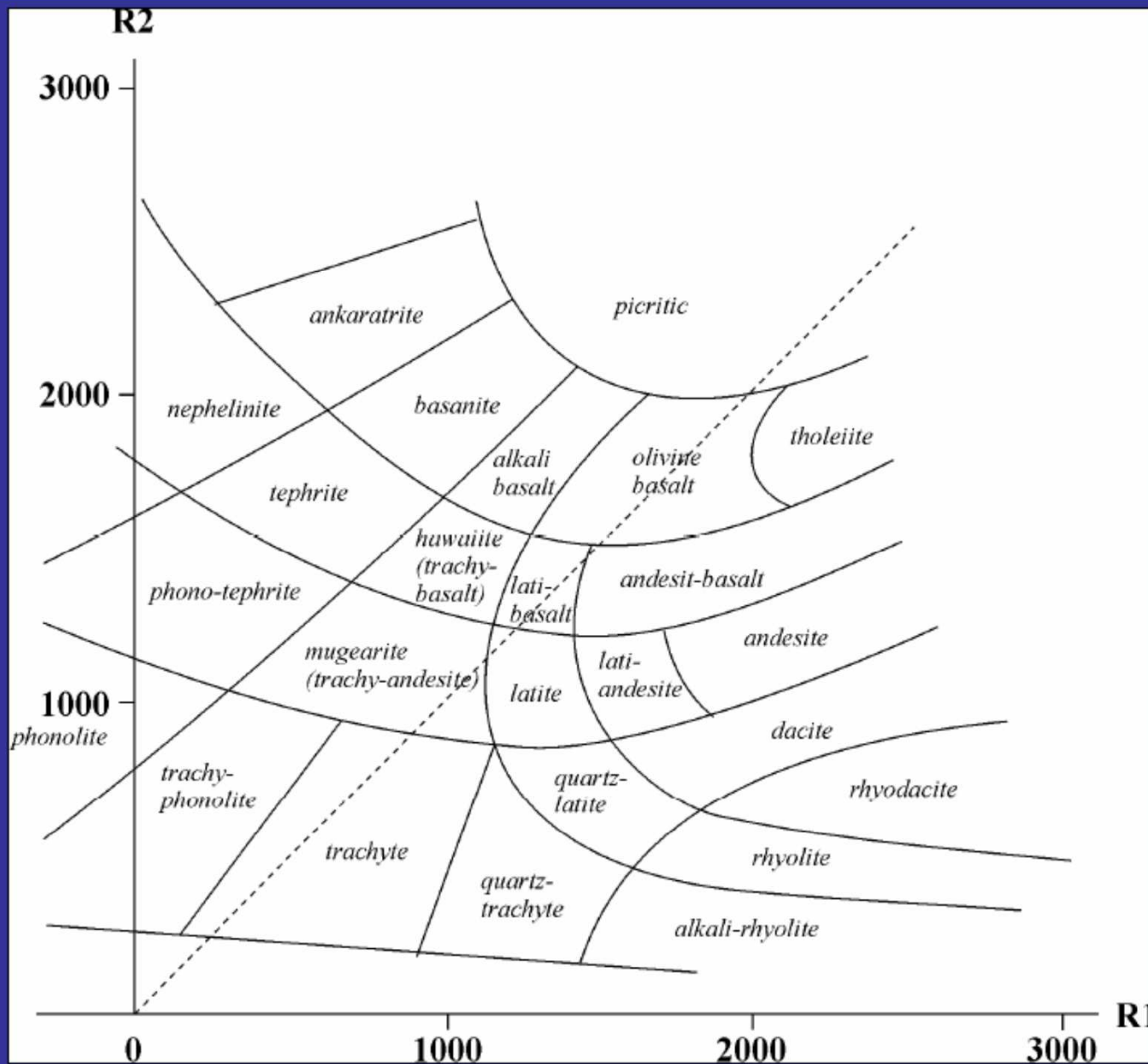


I minerali normativi sono virtuali e risultano paragonabili a quelli che si formerebbero in una lava di analoga composizione in ambienti di bassa pressione.

Il criterio mineralogico non appare tuttavia pienamente valido. Si è quindi pensato di inserire una classificazione basata sul chimismo. Una classificazione possibile è quella TAS (Total Alkali versus Silica) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs. SiO_2 .



Si utilizzano dati chimici ricalcolati a 100 dopo aver sottratto le sostanze volatili. Nel caso in cui tale perdita sia superiore al 3%, i dati non sono più idonei per essere diagrammati in questo grafico.



R1=

$4\text{Si} - 11(\text{Na} + \text{K}) - 2(\text{Fe} + \text{Ti})$

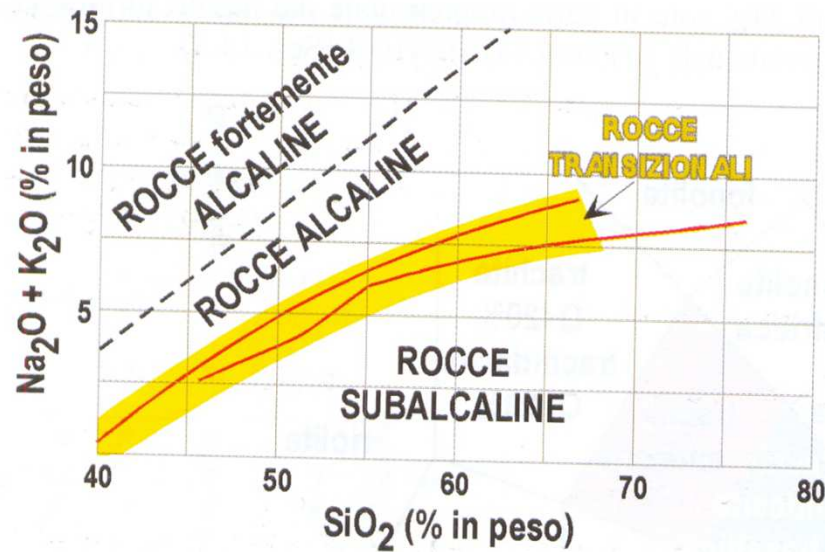
R2=

$6\text{Ca} + 2\text{Mg} + \text{Al}$

Le stirpi di rocce

Sotto il profilo chimico le rocce possono essere distinte in due raggruppamenti principali:

Subalcaline e alcaline. A loro volta le rocce subalcaline si distinguono in tholeiitiche e calcalkaline e quelle alcaline in alcalino sodiche e alcalino potassiche

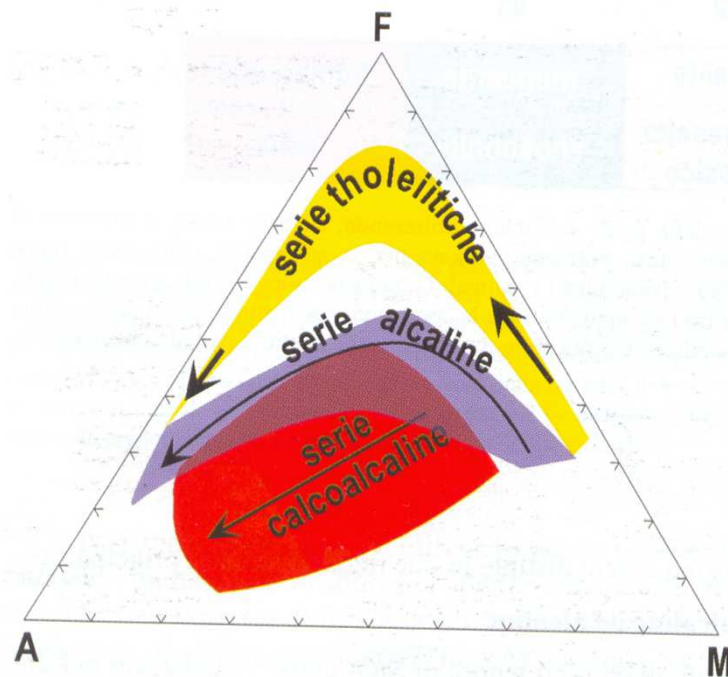


La suddivisione del campo subalcalino da quello alcalino non è basata su elementi oggettivamente condivisi. Per questo motivo si ha anche la fascia gialla della figura in cui cadono le rocce transizionali.

Il successivo diagramma triangolare facilita la distinzione tra le sequenze di rocce tholeiitiche e quelle calcalkaline. Si basa su tre parametri: A = Na₂O + K₂O; F = Fetot; M = MgO. Nelle rocce calcalkaline si ha una formazione precoce di magnetite che produce un impoverimento di ferro già negli stadi precoci dell'evoluzione per cui il rapporto FeOtot/MgO si mantiene sempre molto basso.

Le rocce che appartengono alle sequenze tholeiitiche derivano da fusi che evolvono con un elevato rapporto FeOtot/MgO. Ciò significa che durante la cristallizzazione dei magmi tholeiitici il ferro entra solo nei minerali silicatici ma non può formare ossidi tipo magnetite per mancanza della forma trivalente.

Sono definite peralcaline o iperalcaline quelle rocce nelle quali il rapporto Al₂O₃/(Na₂O+K₂O) espresso in termini molecolari è minore di 1. Alcune rocce peralcaline derivano dall'evoluzione di magmi basici a carattere transizionale come le comendite e le pantelleriti. Sono definite peralluminose o iperalluminose le rocce nelle quali il rapporto Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO) > 1. Sono metalluminose quelle nelle quali valgono le seguenti relazioni Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO) < 1 e Al₂O₃/(Na₂O+K₂O) > 1. Poiché nei feldspati e feldspatoidi il rapporto Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO) è uguale a 1, sia le rocce peralluminose che quelle metalluminose debbono contenere minerali con un eccesso o un difetto di Al₂O₃ come anfibolo, cordierite, andalusite, corindone etc.



ROCCE SUBALCALINE		ROCCE ALCALINE		ROCCE FORTEMENTE ALCALINE	
Serie tholeiitica	Serie calcoalcalina	Serie sodica	Serie potassica		
picrite tholeiitica				leucite	nefelinite
olivine tholeiite		basalto alcalino	basanite-tefrite		
tholeiite	basalto ricco in allumina	basanite-tefrite			
quarzo tholeiite	andesite ricca in allumina	hawaiiite	trachibasalto K		
andesite tholeiitica (islandite)	dacite	mugearite	latite		
dacite	riolite	benmoreite	trachite potassica		
		trachite	fonolite leucitica		
		fonolite			
				ROCCE PERALCALINE	
				pantellerite	comendite
				fonolite	agpaitica

Tabella 4.1 - Analisi chimiche di riferimento per le rocce vulcaniche che appartengono alle varie serie

SERIE THOLEITICA						SERIE CALCOALCALINA				
	picrite tholeitica	Olivin tholeite	tholeite	andesite tholeitica	islandite	basalto ricco di Al	andesite ricca di Al	andesite	dacite	riolite
SiO ₂	46,4	49,2	53,8	58,3	61,8	49,1	58,6	60,0	69,7	73,2
TiO ₂	2,0	2,3	2,0	1,7	1,3	1,5	0,8	1,0	0,4	0,2
Al ₂ O ₃	8,5	13,3	13,9	13,8	15,4	17,7	17,4	16,0	15,2	14,0
Fe ₂ O ₃	2,5	1,3	2,6	3,4	2,3	2,8	3,2	1,9	1,1	0,6
FeO	9,8	9,7	9,3	6,5	5,8	7,2	3,5	6,2	1,9	1,7
MnO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0
MgO	20,8	10,4	4,1	2,3	1,8	6,9	3,3	3,9	0,9	0,4
CaO	7,4	10,9	7,9	5,6	5,0	9,9	6,3	5,9	2,7	1,3
Na ₂ O	1,6	2,2	3,0	3,9	4,4	2,9	3,8	3,9	4,5	3,9
K ₂ O	0,3	0,5	1,5	1,9	1,6	0,7	2,0	0,9	3,0	4,1
P ₂ O ₅	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0

SERIE ALCALINA											
	picrite alcalina	ankaramite	alcali basalto	alcali basalto potassico	trachi- basalto	hawaite	mugearite	tristanite	benmoreite	trachite	fonolite
SiO ₂	46,6	44,1	45,4	42,4	46,5	47,9	49,7	55,8	55,6	60,7	60,6
TiO ₂	1,8	2,7	3,0	4,1	3,1	3,4	2,1	1,8	0,9	0,5	0,0
Al ₂ O ₃	8,2	12,1	14,7	14,1	16,7	15,9	17,0	19,0	16,4	20,5	18,3
Fe ₂ O ₃	1,2	3,2	4,1	5,8	4,1	4,9	3,4	2,6	3,1	2,3	2,7
FeO	9,8	9,6	9,2	8,5	7,3	7,6	9,0	3,1	4,9	0,4	1,2
MnO	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2
MgO	19,6	13,0	7,8	6,7	4,6	4,8	2,8	2,0	1,1	0,2	0,1
CaO	9,4	11,5	10,5	11,9	9,4	8,0	5,5	4,5	2,9	1,4	0,8
Na ₂ O	1,6	1,9	3,0	2,8	3,8	4,2	5,8	5,2	6,1	6,2	8,9
K ₂ O	1,2	0,7	1,0	2,0	3,1	1,5	1,9	4,1	3,5	6,7	5,1
P ₂ O ₅	0,3	0,3	0,4	0,6	0,9	0,7	0,5	0,4	0,7	0,0	0,0

ROCCE FORTEMENTE ALCALINE				ROCCE PERALCALINE	
	sodica nefelinite	potassica leucitite		pantellerite	comendite
SiO ₂	39,7	46,2		69,8	75,2
TiO ₂	2,8	1,2		0,4	0,1
Al ₂ O ₃	11,4	14,4		7,4	12,0
Fe ₂ O ₃	5,3	4,1		2,4	0,9
FeO	8,2	4,4		6,1	1,2
MnO	0,2	0,0		0,3	0,1
MgO	12,1	7,0		0,1	0,0
CaO	12,8	13,2		0,4	0,3
Na ₂ O	3,8	1,6		6,7	4,8
K ₂ O	1,2	6,4		4,3	4,7
P ₂ O ₅	0,9	0,4		0,2	0,1

Il processo magmatico

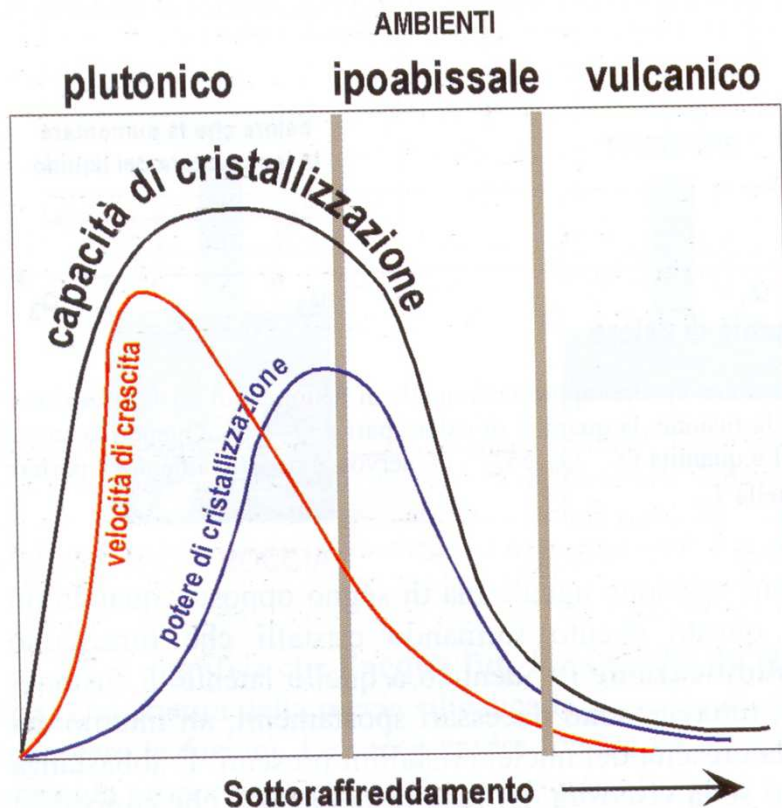
I magmi sono materiali naturali allo stato fuso che possono anche contenere una certa quantità di fasi cristalline. Nella quasi totalità i fusi sono silicatici e le temperature di formazione possono raggiungere i 1300°C. Solo alcuni fusi composti in prevalenza da carbonati raggiungono temperature anche inferiori ai 600°C. nei magmi sono presenti pressochè tutti gli elementi chimici; alcuni di questi rappresentano la cosiddetta componente volatile ossia dei gas disciolti nella fase fusa. In funzione del loro contenuto in silice i magmi si dividono in basici con $\text{SiO}_2 < 52 \%$; intermedi $52 < \text{SiO}_2 < 66 \%$; acidi $\text{SiO}_2 > 66 \%$.

Parametri	Viscosità (η)	Note
Temperatura	Inversamente proporzionale	L'energia termica facilita la depolimerizzazione e, quindi, abbassa la viscosità.
Pressione	Direttamente proporzionale	η aumenta sino a quando il silicio non cambia tipo di coordinazione tetraedrica $\Rightarrow$ ottaedrica.
Volatili (H_2O)	Inversamente proporzionale	η diminuisce sino a quando i volatili (ammesso che ce ne siano a sufficienza) rimpiazzano tutti gli ossigeni ponte. Ulteriori aumenti di P, provocano effetti analoghi a quelli della pressione secca.
SiO_2 in % elevata (magmi acidi)	Alta	La differenza di viscosità tra magmi basici ed acidi può essere compensata dal fatto che questi ultimi tendono ad avere quantità maggiori di volatili rispetto a quelli basici. Le differenze più vistose si notano quando i magmi perdono pressoché completamente i loro volatili. Questo avviene nel momento in cui debordano dai condotti di alimentazione dei vulcani.
SiO_2 in % bassa (magmi basici)	Bassa	

L'acqua nelle rocce che generano i fusi magmatici, in presenza di pressione, abbassa la temperatura di inizio della fusione. L'acqua funziona da elemento fondente. A parità di composizione e di temperatura della roccia silicatica la presenza d'acqua è quindi un elemento fondamentale per innescare le fusioni. Si può quindi affermare che le rocce anidre fondono a temperature più elevate di quelle idrate; il divario aumenta proporzionalmente alla pressione.

Raffreddamento dei magmi

La trasformazione liquido-solido dei magmi può avvenire in profondità o in superficie ed è innescata da perdite di calore che raffreddano o, meglio, **sottoraffreddano** la massa fusa. Il sottoraffreddamento rappresenta la differenza tra la temperatura di cristallizzazione o inizio di cristallizzazione di un materiale e quella, inferiore alla precedente a cui lo stesso materiale si trova ancora allo stato liquido. Il sottoraffreddamento dei fusi magmatici può generare due tipi di materiali: amorfo o cristallino. Lo stato amorfo è ancora un liquido che mantiene una struttura atomica disordinata. Il secondo è un solido formato da cristalli ciascuno dei quali possiede un ordine strutturale ben definito.



In ambiente vulcanico il sottoraffreddamento è molto elevato e si ha la totale perdita della componente volatile cosicché la capacità di cristallizzazione è a rischio perché l'aumento della viscosità inibisce la riorganizzazione strutturale del fuso.

In profondità i valori di sottoraffreddamento sono bassi per cui il raffreddamento si realizza durante periodi molto lunghi (decine di migliaia di anni), e rimane la componente volatile quindi si formano aggregati completamente cristallini.

Strutture e tessiture delle rocce magmatiche

Se i minerali di una roccia sono visibili a occhio nudo si parla di rocce **faneritiche**, se si vedono con strumenti di ingrandimento si parla di rocce **afanitiche**. Altri caratteri sono la struttura e la tessitura.

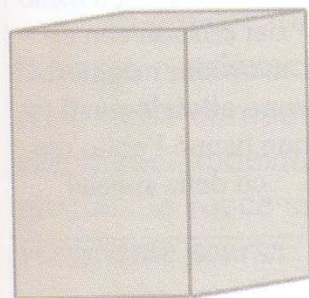
La **struttura** definisce: il grado di cristallinità, l'eventuale presenza di vetro e le proporzioni tra cristalli e porzione vetrosa; la grana dei minerali presenti; la forma dei cristalli. La **tessitura** definisce le relazioni spaziali esistenti tra minerali o gruppi di questi.

Le rocce plutoniche (intrusive) sono sempre olocristalline, formate cioè da insiemi di soli individui cristallini e quindi prive di vetro. Hanno in genere una tessitura omogenea granulare e compatta denominata isotropa in quanto i granuli che la configurano sono riuniti senza lasciare spazi vuoti visibili ad occhio nudo e senza manifestare particolari disposizioni orientate.. Talora si possono riconoscere delle tessiture parallele, lineari o piane dovute ad isorientamento di cristalli prismatici allungati e tabulari o lamellari. La struttura più tipica e diffusa è la granulare ipidiomorfa riconoscibile al microscopio per la diversità di forme degli individui cristallini associati che riflettono la successione di cristallizzazione dei diversi minerali del magma. Quando invece viene manifestata una marcata eterogranularità per individui molto più sviluppati di quelli delle altre specie la struttura viene definita granulare porfiroide.

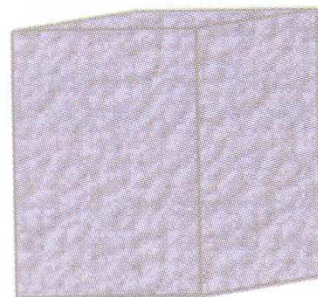
Le rocce effusive manifestano tessiture caratterizzate normalmente da vacuoli e di elementi sferoidali o lenticolari. Solitamente se ne distinguono i seguenti tipi: vescicolare o scoriacea quando la roccia appare interessata da cavità di qualche mm di diametro; sferolitica per la presenza di corpi tondeggianti anche di qualche dm di diametro; variolitica quando la massa è cosparsa di globuli costituiti da aggregati fibroraggiati di feldspati; perlitica quando la roccia appare costituita da insiemi di piccole sfere vetrose, amigdalee quando si osservano dei corpi lenticolari, formati da minerali idrotermali depositatisi nei vacuoli primari della massa rocciosa.

La struttura delle vulcaniti vetrose è vitrofirica (o ialina) quando la pasta di fondo è vetrosa. Le lave hanno struttura porfirica o afirica cioè con o senza fenocristalli e massa di fondo microlitica denominata ialopilitica (scarsi microliti disseminati nel fondo vetroso); trachitica (abbondanti microliti di sanidino; pilotassitica (abbondanti piccoli microliti di plagioclasti intrecciati), intersertale se formata essenzialmente da microliti plagioclastici.

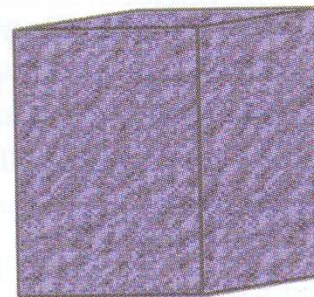
STRUTTURE DELLE LAVE



**afirica
vitrofirica**



**afirica
ipocristallina**



**afirica
olocristallina**



**porfirica
vitrofirica**



**porfirica
ipocristallina**



**porfirica
olocristallina**

GRADO DI CRISTALLINITA' DELLA PASTA DI FONDO



tutto vetro



**vetro
+
cristalli**



tutti cristalli

FENOCRISTALLI

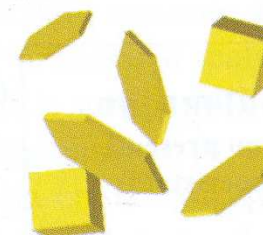


Tabella 4.2 - Strutture e tessiture delle rocce ignee plutoniche

SCHEMA RIASSUNTIVO DELLE STRUTTURE E DELLE TESSITURE DELLE ROCCE PLUTONICHE		
STRUTTURE		
TUTTE OLOCISTALLINE	CARATTERI	TIPLOGIA DEI MINERALI
GRANULARE o PORFIRICA o SERIATA IPIDIOMORFA	I MINERALI SI SONO FORMATI IN SUCCESSIONE : SE È PORFIRICA ESISTONO CRISTALLI CON DIMENSIONI MAGGIORI CHE RAPPRESENTANO LA PRIMA GENERAZIONE; SE È SERIATA È PRESENTE UNA SEQUENZA DIMENSIONALE	alcuni sono idiomorfi [= hanno l' abito tipico della specie] altri allotriomorfi [non hanno l'abito tipico della specie]
GRANULARE (oppure PORFIRICA) AUTOALLOTRIOMORFA	I MINERALI SI SONO FORMATI PRESSOCHÉ CONTEMPORANEAMENTE . SE È PORFIRICA ESISTONO CRISTALLI CON DIMENSIONI MAGGIORI CHE RAPPRESENTANO LA PRIMA GENERAZIONE	tutti i minerali, a meno dei cristalli con dimensioni maggiori, sono allotriomorfi [= non hanno l' abito tipico della specie]
TESSITURE		
GENERALMENTE ISOTROPE [= MINERALI DISTRIBUITI CASUALMENTE] TALORA POSSONO ESISTERE ISORIENTAMENTI come spesso accade nelle ROCCE CUMULITICHE		

Tabella 4.3 - Strutture e tessiture delle rocce ignee vulcaniche

SCHEMA RIASSUNTIVO DELLE STRUTTURE E DELLE TESSITURE DELLE ROCCE VULCANICHE				
STRUTTURE			TESSITURE	
NOME		PASTA di FONDO	I nomi variano in FUNZIONE della DISPOSIZIONE RECIPROCA dei CRISTALLI	
PORFIRICA* (sono presenti fenocristalli)	OLOCISTALLINA	assenza di vetro	ISOTROPA	La distribuzione è casuale
	IPOCRISTALLINA	presenza di vetro		
o GLOMEROPORFIRICA (sono presenti glomeruli)	VITROFIRICA	prevalenza di vetro	FLUIDALE	Come tronchi d'albero trasportati da fiumi
AFIRICA (senza fenocristalli)	OLOCISTALLINA	assenza di vetro	INTERSERTALE	Intreccio a feltro tipo trama-ordito
	IPOCRISTALLINA	presenza di vetro		
	VITROFIRICA	prevalenza di vetro		

*eventualmente seriata (v. testo)