

# JEM304 JEOKİMYA UYGULAMA

**Arazi Çalışmaları ve  
örnek alımı**

**Örneklerin makro ve  
optik incelemeleri**

**Analiz için  
örneklerin seçimi**

**Analiz sonuçlarının  
değerlendirilmesi**

**YORUM**



ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD.  
(ISO 9002 Accredited Co.)

852 K. HASTINER ST. VANCOUVER BC V6P 6E6

WHOLE ROCK ICP ANALYSIS

Ankara Üniversitesi File # A000479 Page 2  
Fen Fakültesi, Jeoloji Böl., Tandoğan-Ankara, Turkey 06100 Submitted by: Dogan Aydal



SAMPLE#	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	MgO %	CaO %	Na2O %	K2O %	TiO2 %	P2O5 %	H2O %	Cr2O3 %	Ba ppm	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	Sr ppm	Zr ppm	Ce ppm	Y ppm	Nb ppm	Sc ppm	Ta ppm	LOI %	TOI/C %	TOI/S %	SUM %
A3	15.86	.41	34.19	.01	.10	.07	.11	.01	.05	.01	.003	6	3800	166	34	<20	29	<10	<20	<10	<10	<1	<20	29.3	.01	4.77	80.63
TS2-P33	74.08	12.72	3.22	.22	.95	2.73	5.24	.10	<.01	.04	.006	454	57	22	24	<20	83	99	32	11	22	1	<20	.4	.17	.14	99.80
TS3-P6	68.71	15.46	4.54	1.13	2.28	4.24	2.00	.25	.03	.04	.006	142	55	41	<20	<20	136	160	43	16	22	2	<20	1.0	.07	.29	99.76
TS3-P10	74.22	11.98	3.29	.15	.96	2.59	5.11	.08	.01	.03	.007	469	106	50	24	<20	68	93	33	<10	18	<1	<20	1.3	.18	.27	99.83
TS4-P17	28.81	1.72	36.37	.16	.18	.04	.47	.03	<.01	.02	.003	17	937	167	<20	212	<10	31	37	11	10	<1	<20	30.9	.14	16.20	98.88
TS4-P21	69.94	11.16	7.69	.70	1.41	.25	3.50	.18	.02	.03	.004	66	628	35	23	24	11	136	30	13	14	1	<20	4.6	.29	3.99	99.61
TS5-P18	72.23	13.27	3.03	.65	1.13	2.75	5.34	.23	.05	.03	.001	343	70	73	244	<20	147	169	49	24	16	2	<20	.7	.11	.21	99.64
TS5-P23	54.38	15.79	4.86	1.17	6.76	.35	9.34	.24	.07	.07	.004	322	809	58	<20	<20	79	163	37	35	21	1	<20	6.7	1.52	1.20	99.92
TS8-3P	54.56	13.77	14.06	5.20	5.30	1.37	2.20	.65	.05	.12	.005	91	311	93	47	45	96	42	47	21	<10	37	<20	2.6	.11	2.15	99.99
TS8-6P	67.40	13.70	7.53	1.49	1.98	3.91	2.18	.23	.03	.05	.003	164	316	28	20	<20	155	151	41	19	18	2	<20	1.3	.18	1.06	99.92
RE TS8-6P	67.34	13.57	7.66	1.47	1.96	3.91	2.16	.23	.03	.05	.006	165	297	61	<20	<20	155	158	45	19	14	2	<20	1.4	.21	1.08	99.90
TS8-P12	70.18	12.04	7.31	.55	.70	.14	3.44	.17	<.01	.02	.003	71	755	489	<20	<20	10	132	40	14	14	1	<20	5.0	.16	4.59	99.75
TS8-13	78.49	9.95	3.31	.76	.95	.15	2.98	.17	.02	.03	.005	59	246	<20	<20	<20	15	112	22	12	15	3	<20	3.0	.37	1.02	99.88
TS11-P15	45.46	7.91	24.29	.37	1.01	.08	2.27	.13	.04	.02	.006	44	1375	588	<20	53	<10	185	33	14	<10	<1	<20	16.0	.23	11.83	97.88
TS13-P11	66.99	14.55	7.97	.88	.22	.12	4.01	.22	<.01	.01	.006	100	3496	28	<20	<20	<10	154	58	16	14	2	<20	4.3	.02	4.39	99.76
TS14-P9	53.24	21.21	7.73	3.09	6.13	2.49	1.32	.43	.02	.09	.007	53	178	<20	29	<20	177	51	<20	16	<10	25	<20	2.0	.15	.79	99.82
STANDARD SO-15/CSB	49.11	12.83	7.31	7.27	5.88	2.41	1.85	1.66	2.70	1.39	1.061	1888	95	250	72	23	396	1130	66	23	33	12	<20	5.9	2.38	5.40	99.85

GROUP 4A - 0.200 GM SAMPLE BY LIBRO2 FUSION, ANALYSIS BY ICP-ES. LOI BY LOSS ON IGNITION.  
TOTAL C & S BY LECO. (NOT INCLUDED IN THE SUM)  
SAMPLE TYPE: ROCK CHIP  
Samples beginning 'RE' are Retruns and 'RRE' are Reject Retruns.

DATE RECEIVED: FEB 14 2000 DATE REPORT MAILED: *March 23/2000* SIGNED BY: *C. L.* D. TOYE, C. LEONG, J. WANG; CERTIFIED B.C. ASSAYERS

REVISED COPY for sample A3

All results are considered the confidential property of the client. Acme assumes the liabilities for actual cost of the analysis only.

Data FA

604 253 1716 TO 011903122150487 P.02/0

MAR 23 00 16:05 FR ACME LABS

604 253 1716 TO 011903122150487 P.02/0

MAR 23 00 16:05 FR ACME LABS

# Kimyasal Analiz sonucunda ;

## 1. Major Elementler

- 1% 'den fazla olanlar, % ağırlık olarak ifade edilirler  
 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$

## 2. Minor Elementler

- 0.1 - 1%, % ağırlık olarak ifade edilirler  
 $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$

## 3. İz (Eser) Elementler

- $< 0.1\%$ , ppm ve ppb olarak ifade edilirler  
Sc, Be, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y,  
Zr, Nb, Mo, Ag, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Tl, Pb,  
B, Th, U, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er,  
Tm, Yb, Lu

# Veri Kullanımı

Bu verileri;

1. Kayaç sınıflandırmasında
2. Kayaç oluşana kadar hangi olayların gerçekleştiğinin tespitinde
3. Kayacı oluşturan ilksel eriyiğin kökeninin tespitinde

kullanırız.

- 
- ❗ Hangi tür diyagramlarda hangi elementler kullanılır ?
    - Genellikle Major ve Minor elementler 1 ve 2 'de
    - İz elementler ise 3 'de kullanılır.

# Ana Oksitler

Yerkabuğunun ağırlıkça % 98.34'ünü oluşturan elementler ana oksitler olarak adlandırılır. Bu elementler;

$\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  
 $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$

olmak üzere başlıca 11 elementi kapsamaktadır.

Bu elementlerin herhangi bir kayaç içerisindeki konsantrasyonları % oksit cinsinden belirlenir. Kayaç içerisinde ana oksitlerin toplamı % 100 civarında olacak şekilde hesaplanır.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  ve S gibi uçucu elementler genel toplama dahil edilir.

# Ana Oksitler

Ana elementler kuvars, feldispat ve mafik mineraller gibi kayaç oluşturuucu minerallerin bünyesinde yer alırken, eser elementler ise çoğunlukla aksesuar yada tali mineral olarak bulunan apatit, titanit, zirkon, monazit, rutil gibi minerallerin bünyesinde bulunur.

MİNERAL ADI	KİMYASAL FORMÜLÜ
Kuvars	$\text{SiO}_2$
Ortoklas	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$
Anortit	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
Olivin	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ - $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$
Enstatit	$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$
Hornblend	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$
Zirkon	$\text{ZrSiO}_4$
Monazit	$(\text{Ce,La,Nd,Th})\text{PO}_4$

# SiO<sub>2</sub> İçeriği

SiO <sub>2</sub> (ağ. %)	<45	45 -52	52 - 57	57 - 63	63 - 68	>68
<b>Bileşimsel veya kimyasal karşılığı</b>	ultrabazik	bazik	bazik - ortaç	ortaç	ortaç – asidik (silisik)	asidik (silisik)
<b>Magma Tipi</b>	ultramafik	mafik	mafik - ortaç	ortaç	ortaç - felsik	felsik
<b>Volkanik kayaç adı</b>	komatiite	bazalt	bazaltik andezit	andezit	dasit	riyolit
<b>Plütonik kayaç adı</b>	peridotit	gabro	diyorit	diyorit veya kuvars diyorit	granodiyorit	granit
<b>Ergime sıcaklığı</b>	————— <b>AZALIR</b> —————→					
<b>Mafik mineral içeriği</b>	————— <b>AZALIR</b> —————→					
<b>Su içeriği</b>	————— <b>ARTAR</b> —————→					
<b>Ca - Mg - Fe</b>	————— <b>AZALIR</b> —————→					
<b>Na - K</b>	————— <b>ARTAR</b> —————→					

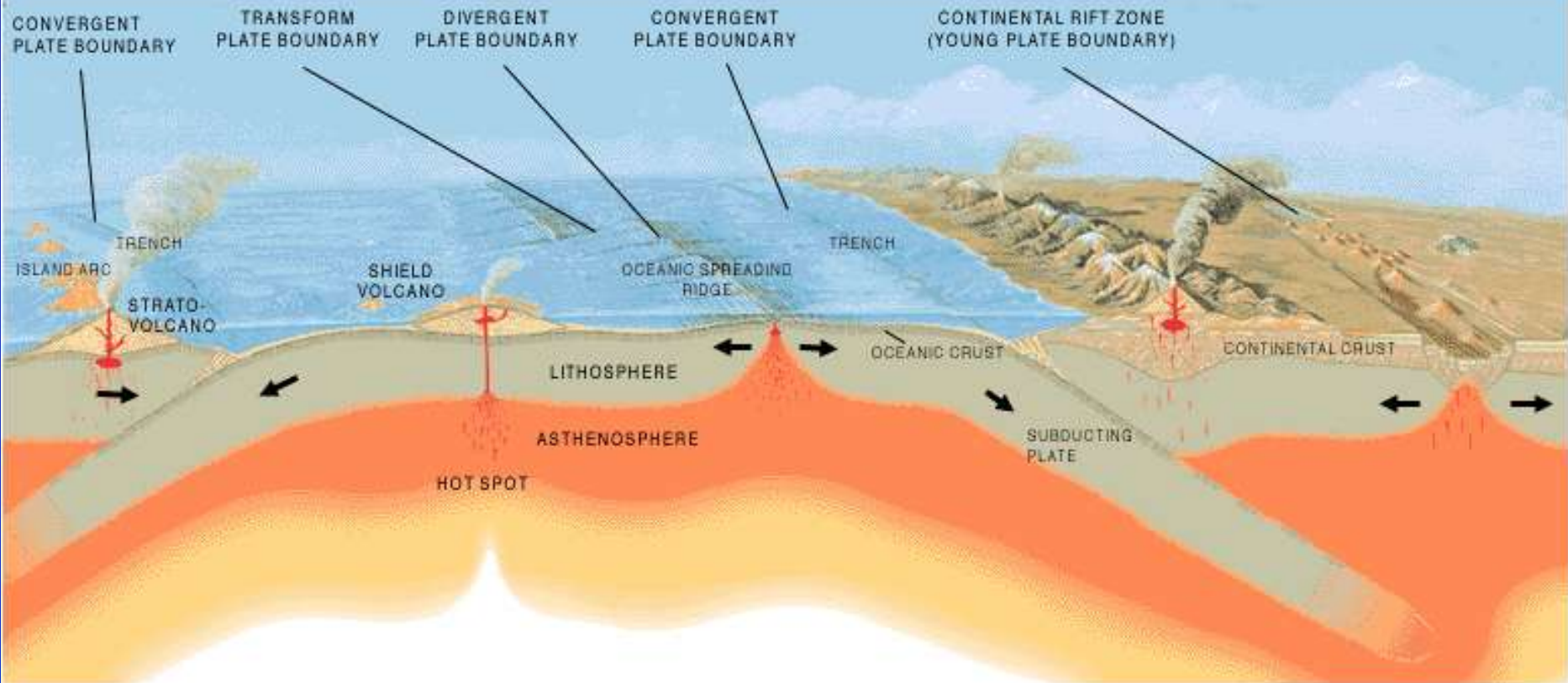
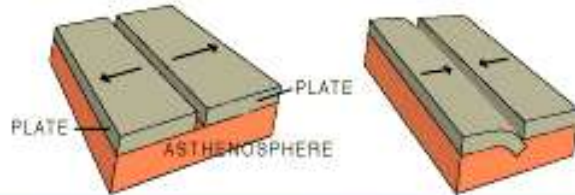
İlk Kristalleşen Elementler	Son Kristalleşen Elementler
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li> <li>➤ MgO</li> <li>➤ TiO<sub>2</sub></li> <li>➤ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SiO<sub>2</sub></li> <li>➤ Na<sub>2</sub>O</li> <li>➤ K<sub>2</sub>O</li> </ul>



# Kayaç Kimyası

Bazı magmatik kayaçların ana oksit değerleri

	Peridotite	Basalt	Andesite	Rhyolite	Phonolite
SiO <sub>2</sub>	42.26	49.20	57.94	72.82	56.19
TiO <sub>2</sub>	0.63	1.84	0.87	0.28	0.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.23	15.74	17.02	13.27	19.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.61	3.79	3.27	1.48	2.79
FeO	6.58	7.13	4.04	1.11	2.03
MnO	0.41	0.20	0.14	0.06	0.17
MgO	31.24	6.73	3.33	0.39	1.07
CaO	5.05	9.47	6.79	1.14	2.72
Na <sub>2</sub> O	0.49	2.91	3.48	3.55	7.79
K <sub>2</sub> O	0.34	1.10	1.62	4.30	5.24
H <sub>2</sub> O+	3.91	0.95	0.83	1.10	1.57
Total	98.75	99.06	99.3	99.50	99.23



# Magma Serileri

Kayaçlar, toplam alkali ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) içeriklerine göre

## Alkalın

[Alkalilerce ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) zengin]

## Subalkalin

[Alkalilerce ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) daha fakir]

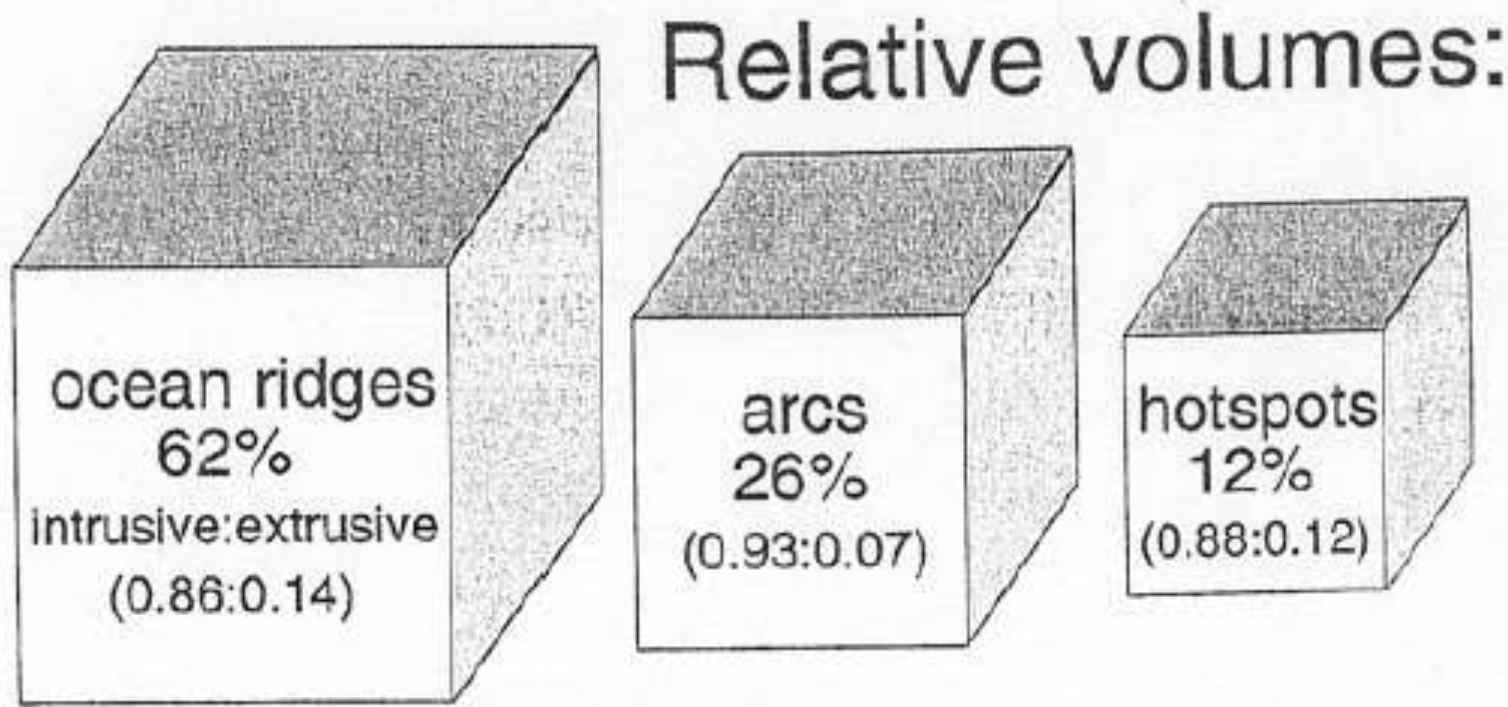
### Toleyitik

[Fe'ce zengin  
magmadır]

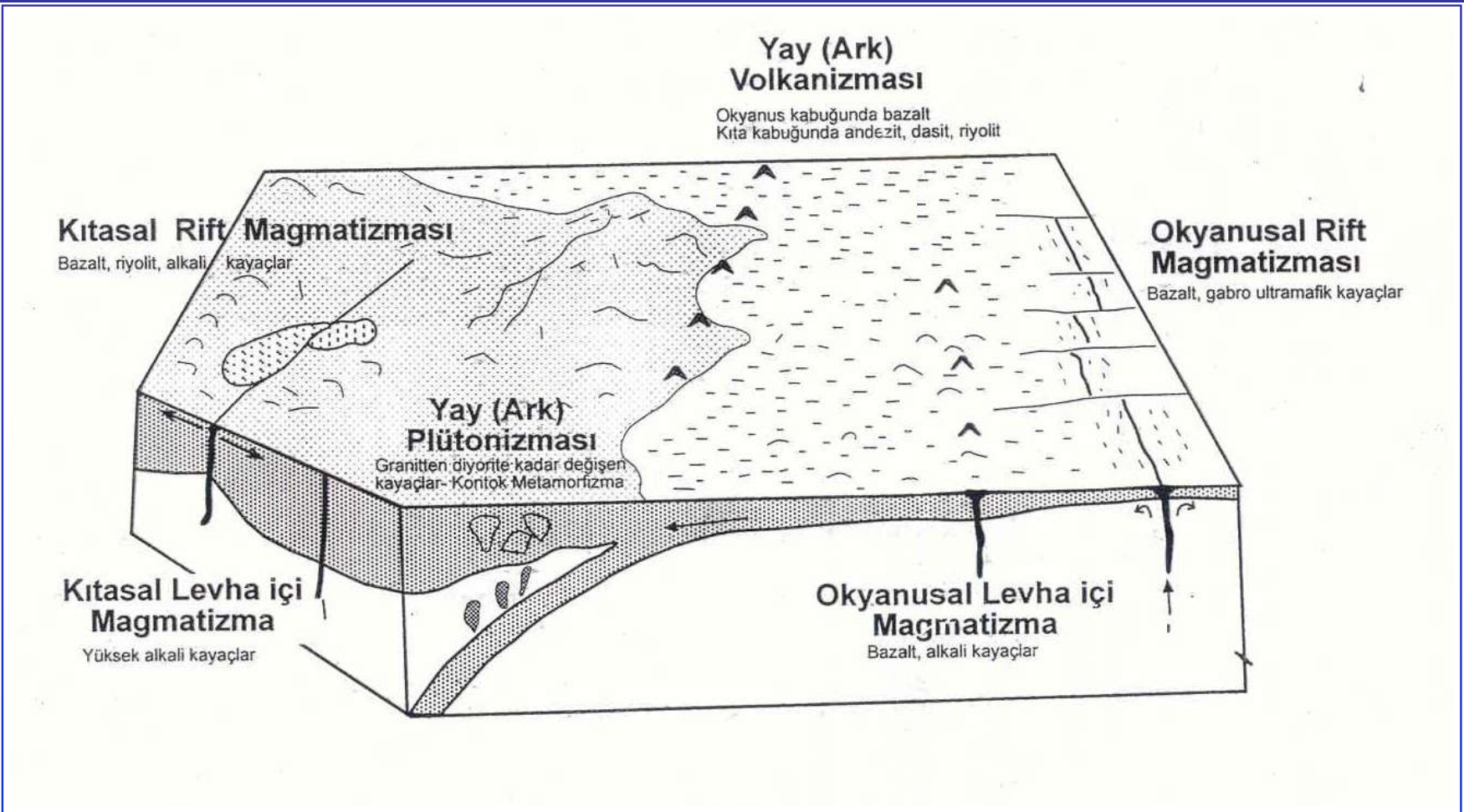
### Kalkalkalin

[Toleyitikten sonra oluşur.  
Ca'ca zengin alkali magmadır]

- Tüm bu seriler farklı kimyasal ve mineralojik karakterdedirler ve farklı tektonik ortamlarda oluşurlar.



**FIGURE 4** Relative volumes of magma produced at different environments. [Data from Fisher and Schmincke, 1984.]



Levha tektoniği ilkelerine göre magmatik faaliyetlerin konumu

# Magma Serileri

## TOLEYİTİK SERİ

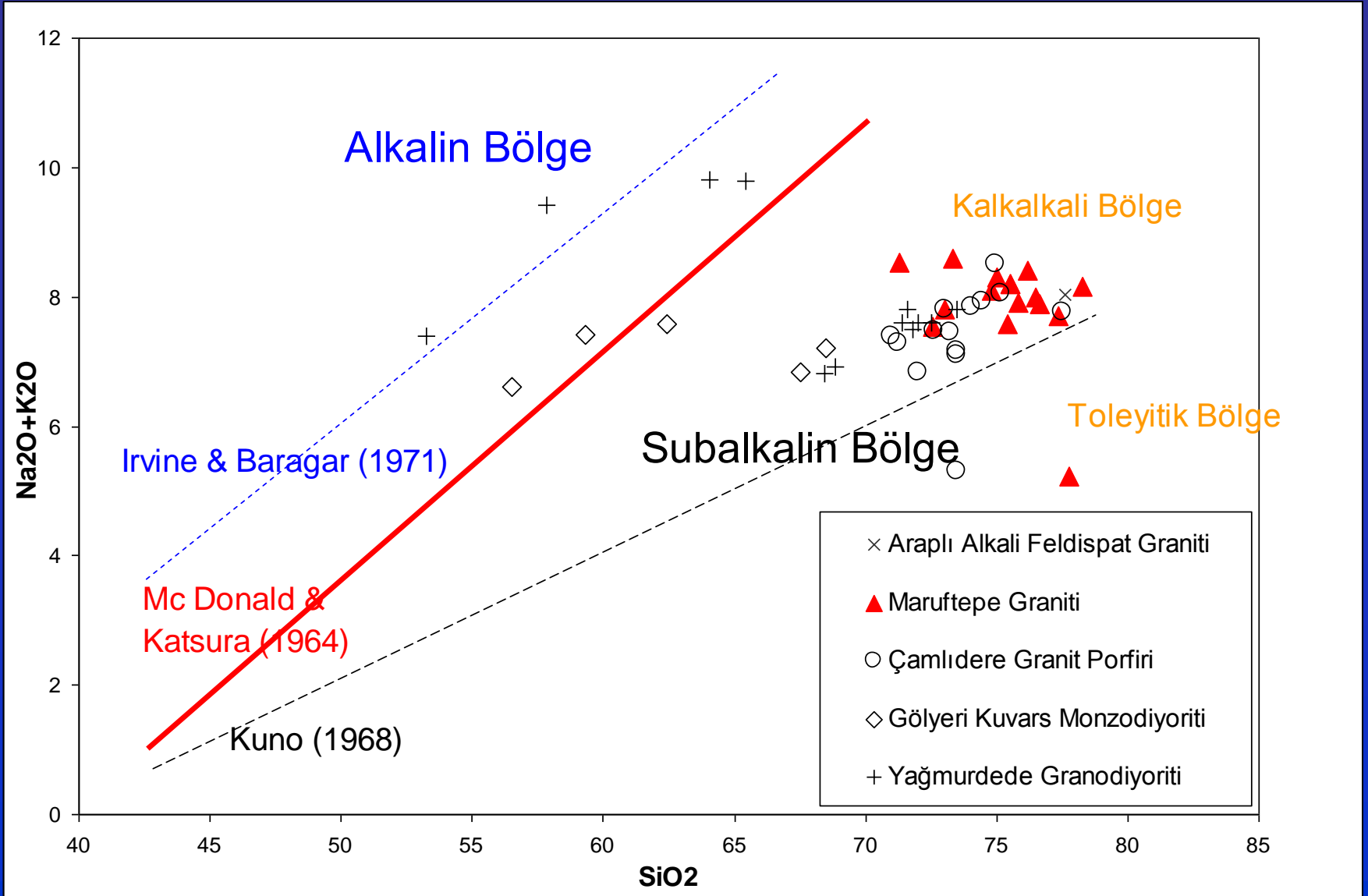
- Riftleşme ile ilişkili bölgelerde oluşur (MORB).
- Porfiritik doku göstermez. Nadiren Ol ve Pyrx fenokristalleri içerebilir.
- Genellikle bazaltlar bu karakterdedir.

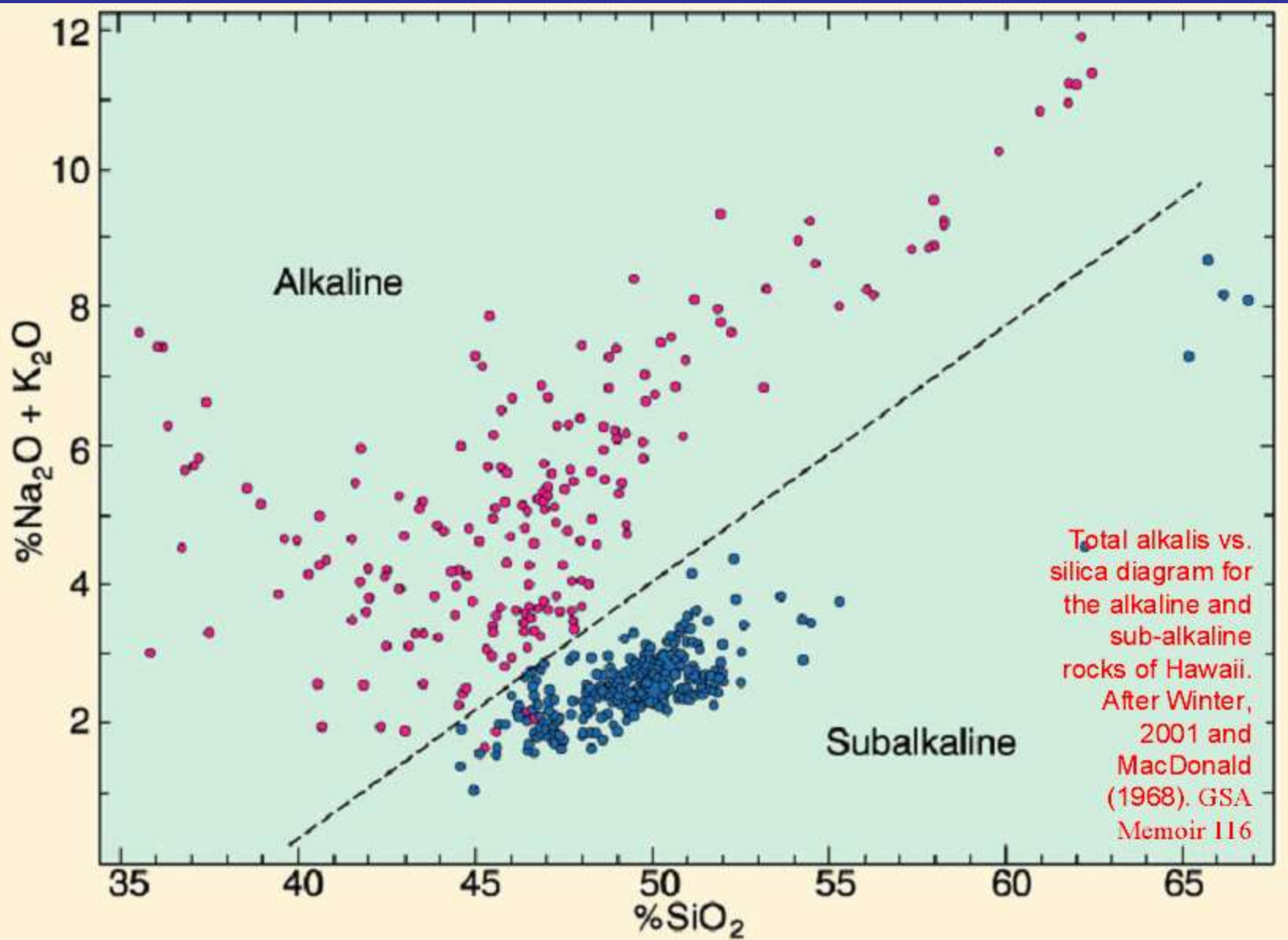
## KALKALKALİN SERİ

- Dalma batma zonlarında görülür.
- Porfiritik dokuludur. Başta Plg fenokristalleri ile birlikte Ol, Opx ve Hb fenokristalleri içerir.
- Genellikle andezitler bu karakterdedir.

KARAKTERİSTİK SERİLER	Kıta Kenarları		Kıta İçi	
	Yaklaşan	Uzaklaşan	Kıtasal	Okyanusal
Alkalin	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Toleyitik	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kalkalkalin	<input checked="" type="checkbox"/>			

# TAS Diyagramı







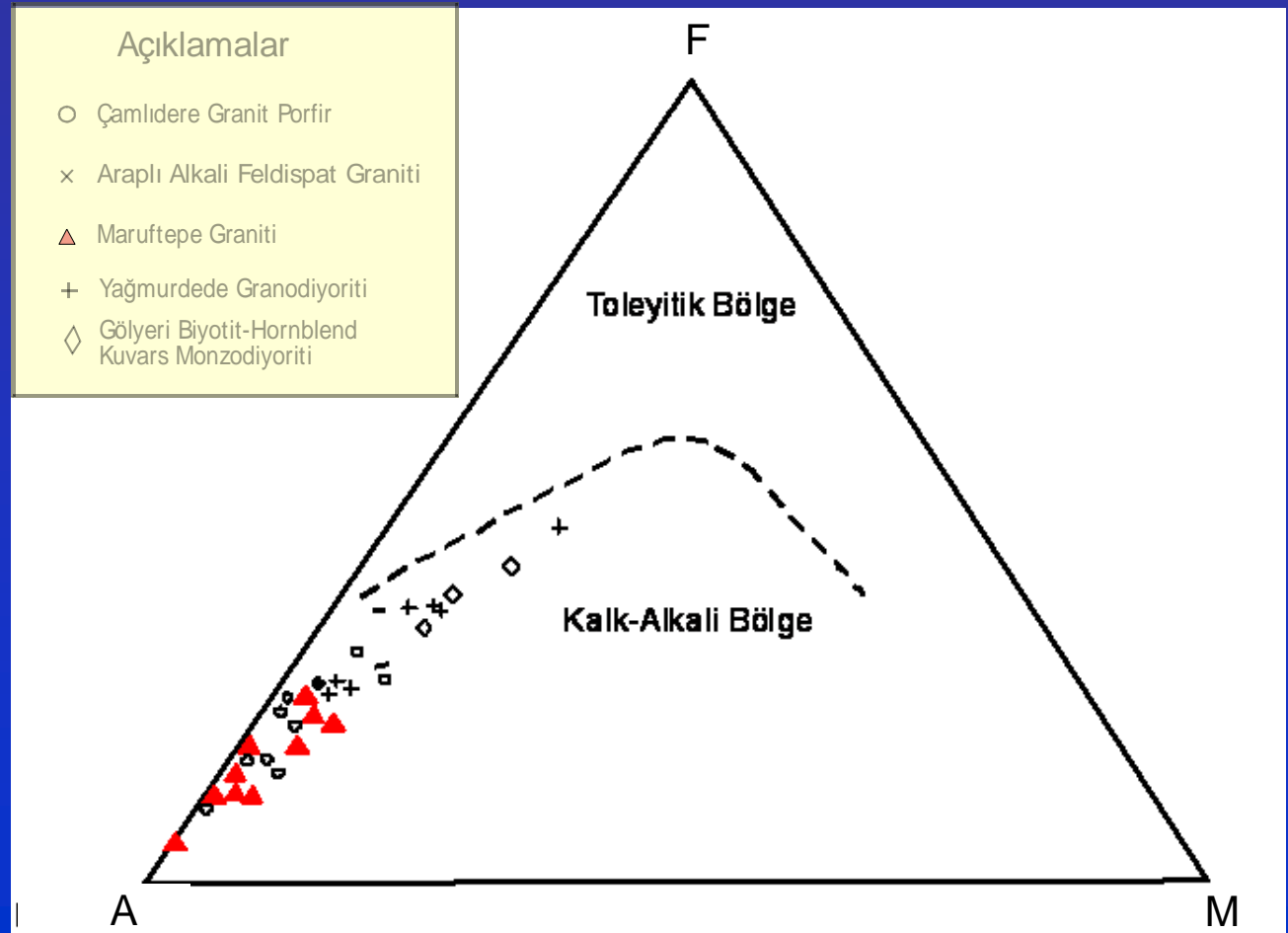
# AFM Diyagramı

Subalkalin magma serileri ise AFM üçgen diyagramı yardımıyla Fe ve Mg içeriklerine göre başlıca

- KALK-ALKALİ
- TOLEYİTİK

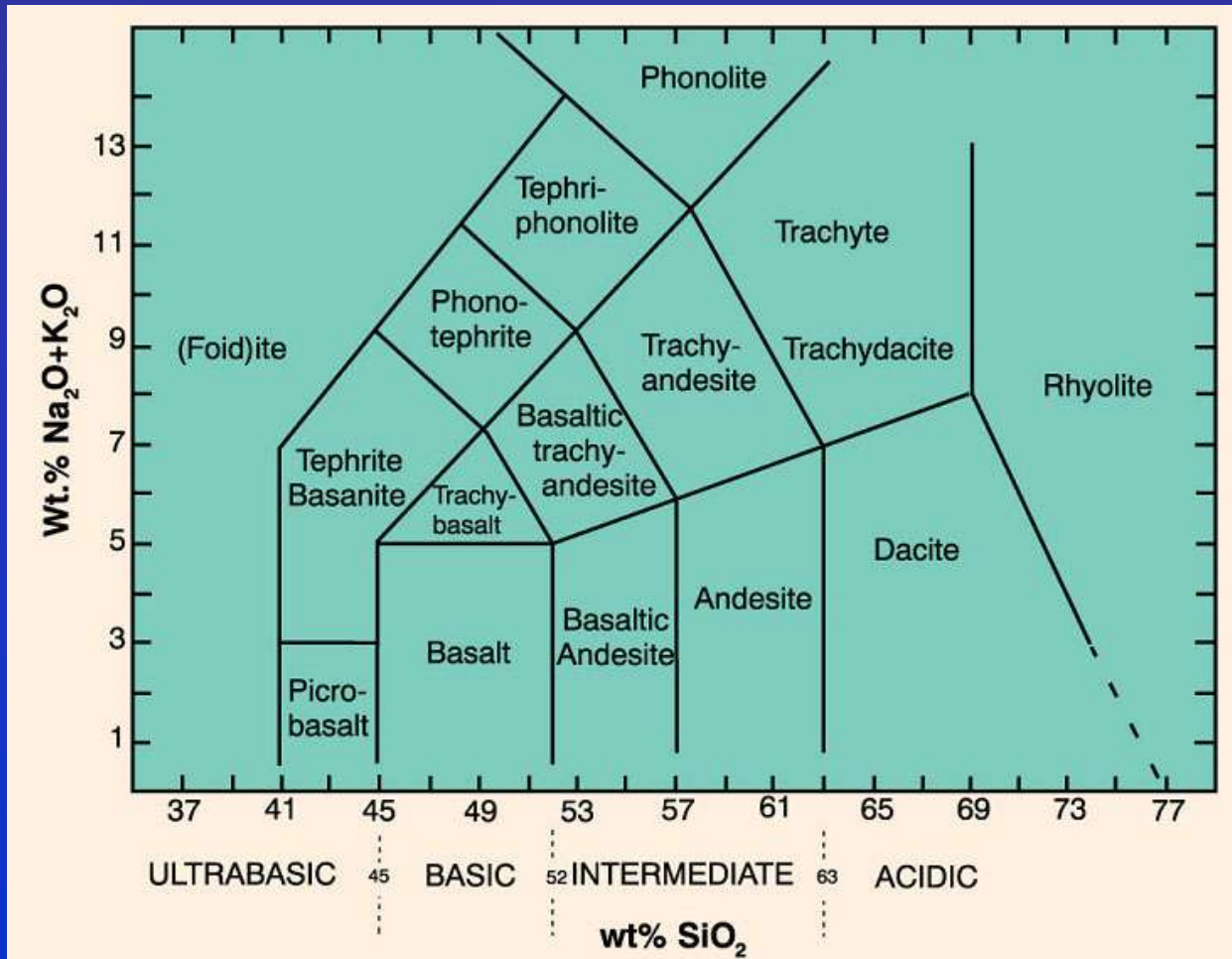
olmak üzere iki alt bölüme ayrılır

- $A = Na_2O + K_2O$
- $F = FeO + Fe_2O_3$
- $M = MgO$

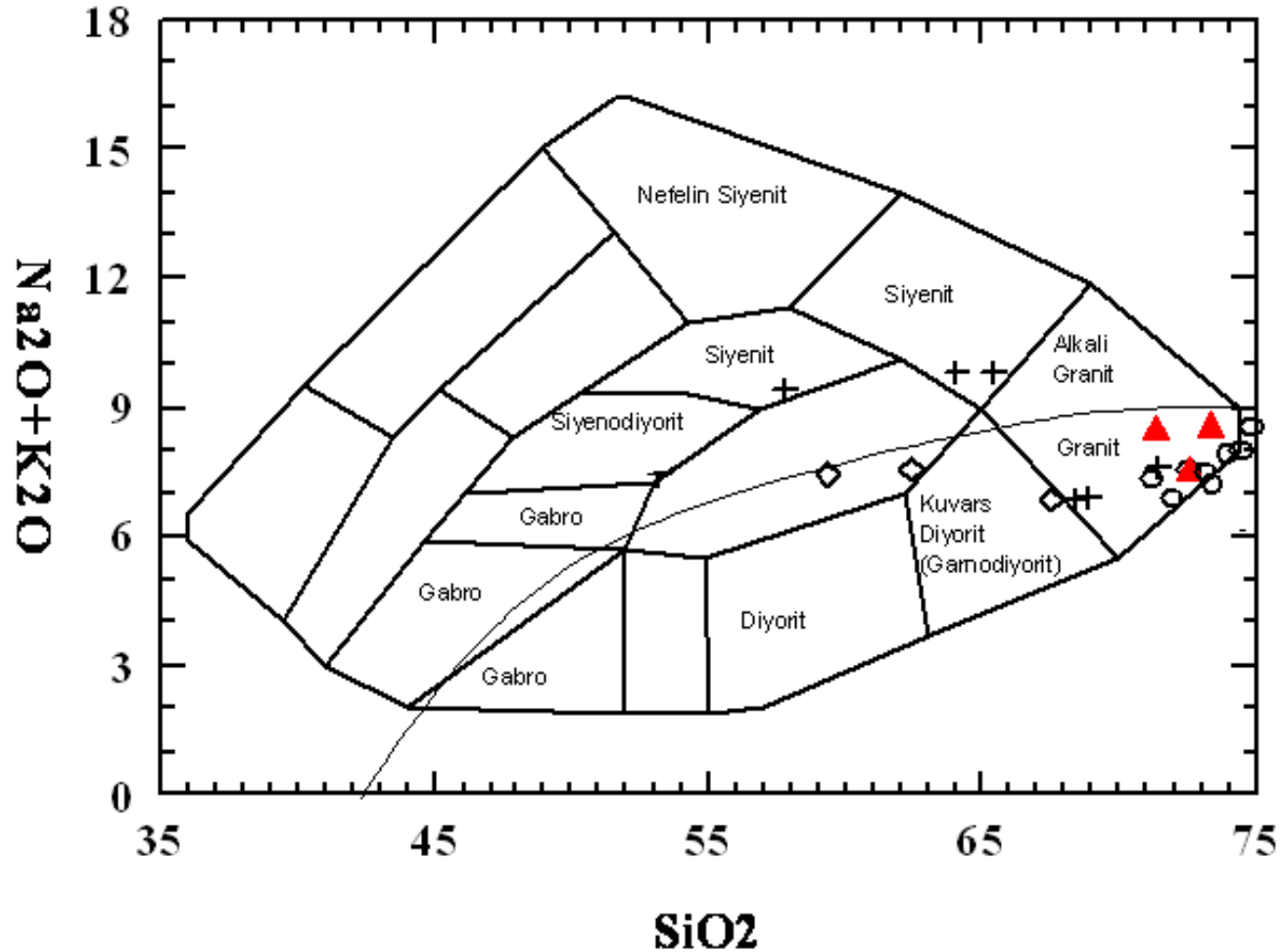


# Kayaç Sınıflaması

Toplam alkali-SiO<sub>2</sub> diyagramları magmatik kayaçların sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan bir kimyasal sınıflama yöntemidir.



# Kayaç Sınıflaması



# Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> İçeriği

Silisden sonra magmatik kayalar için en çok bulunan oksit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'dür. Bu sınıflama mafik mineral kimyasına dayalı bir sınıflamadır.

## 1- Peralümino:



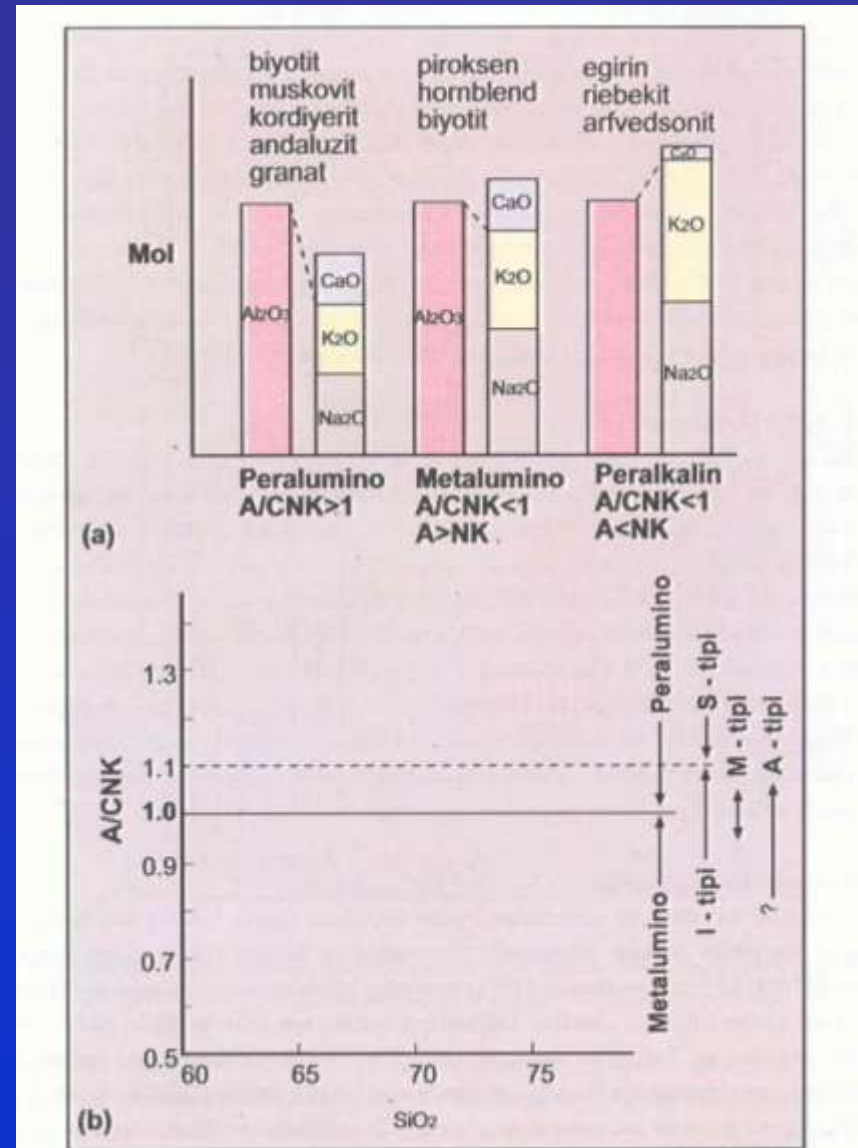
## 2- Metalümino :



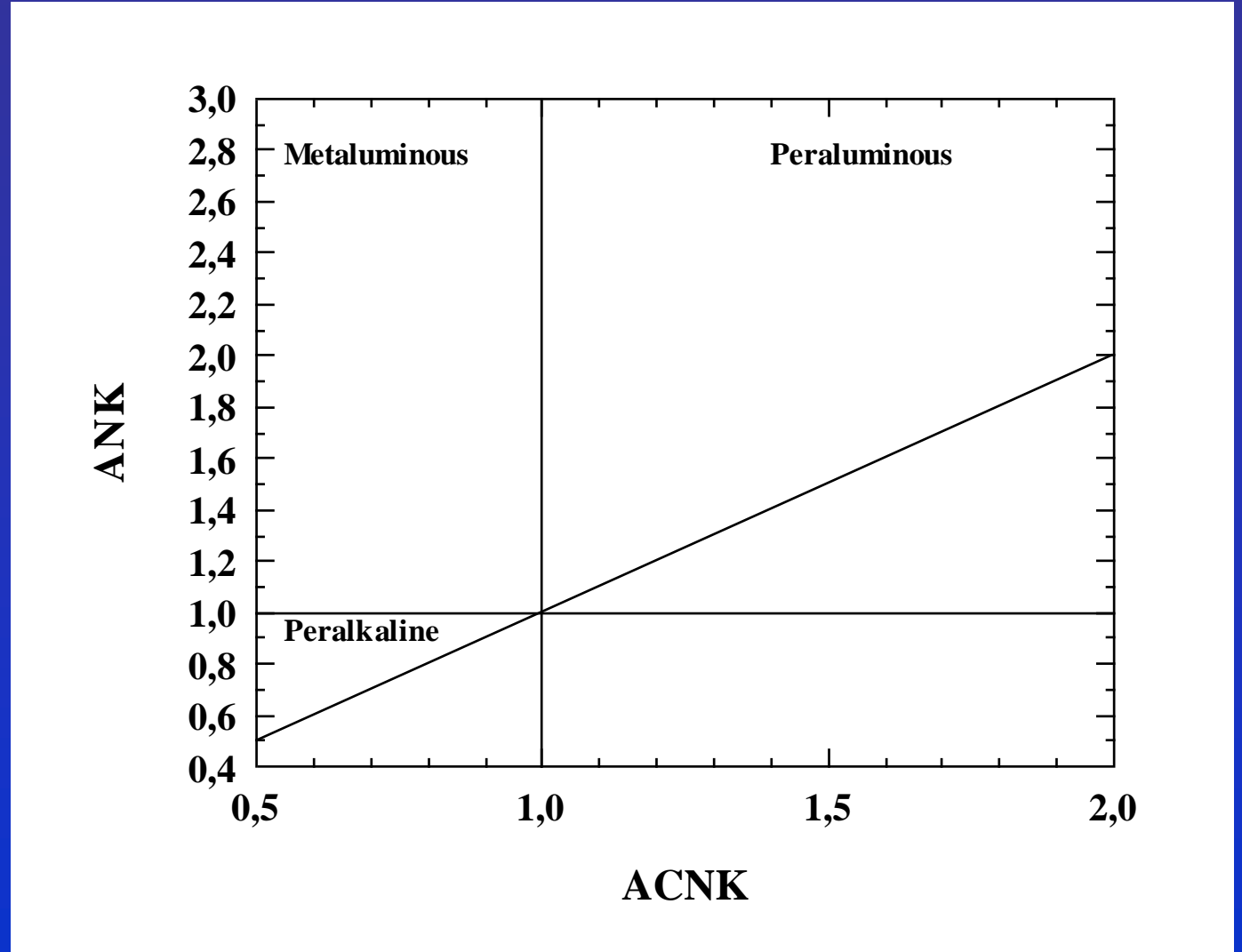
## 3. Peralkalin :



Muskovit	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Andaluzit	$\text{Al}_2\text{SiO}_5$
Egirin	$\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$



## Shand's Index'e göre yapılan sınıflama



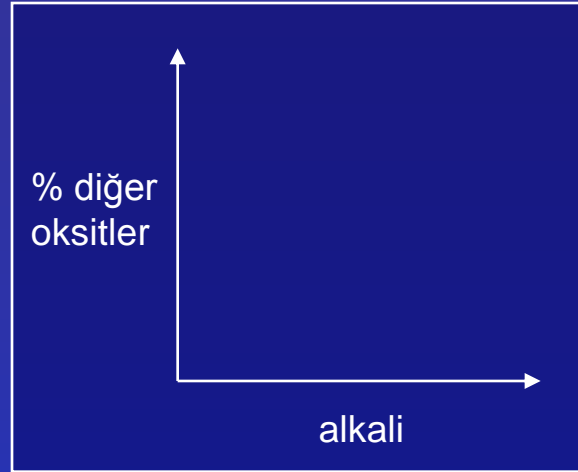
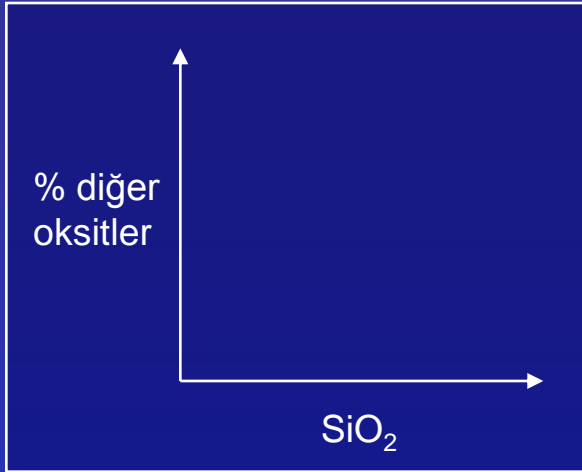
- A =  $Al_2O_3$

- C = CaO

- N =  $Na_2O$

- K =  $K_2O$

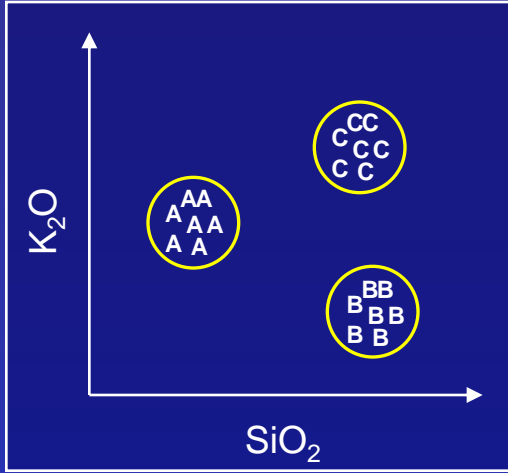
# Harker Diyagramları



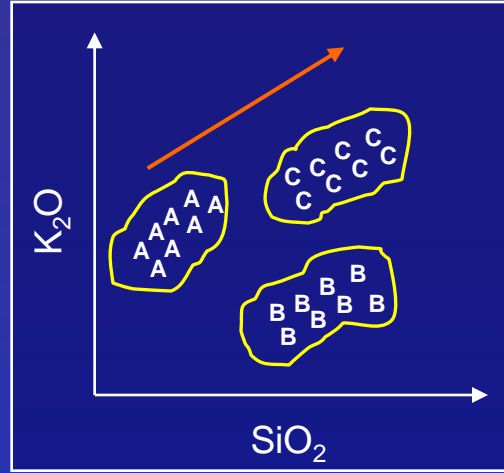
- Kayaç ultramafik veya mafik minerallerce zenginse Mg# kullanılır
- Kayaç içerisinde ikincil kuvarslar varsa SiO<sub>2</sub> diyagramı kullanılmaz
- Kayaç içerisinde Na metasomatizması varsa alkali diyagramı kullanılmaz
- Kayaç içerisinde Fe oksitlenmesi varsa Mg# kullanılmaz, MgO kullanılır

$$\text{Mg\#} = \frac{\text{MgO}}{\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_{3\text{T}}} \times 100$$

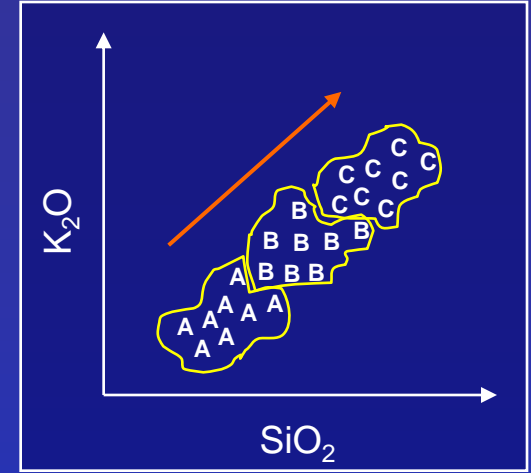
# Harker Diyagramları



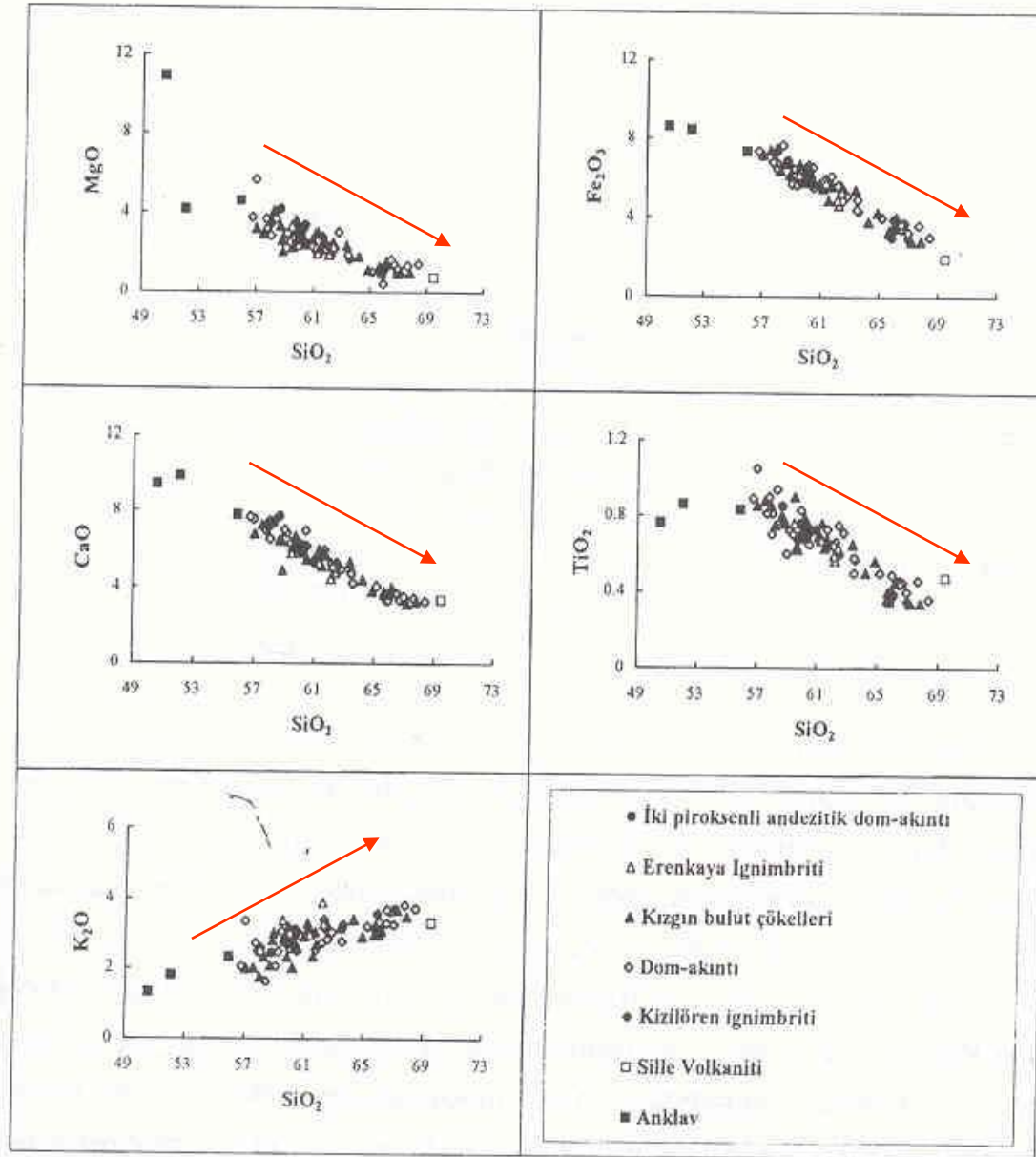
Üç farklı kayaç örneği var ve her grup örnek için alınan örnekler birbirine yakın bölgeden seçilmiş. Kayaç örnekleri birbirleriyle ilişkili değil (A, B, C). Farklı magmadan türemişler.



Üç farklı kayaç örneği var. Kendi içlerinde bir diferansiyasyon var, bir trend gösteriyorlar. Farklı magmadan türemişler.



Üç farklı kayaç örneği de içiçe geçmiş durumda. A, B'den baziktir B, C'den baziktir Bu kayaçlar birbirlerinin diferansiyasyonu sonucu oluşmuştur. Tek bir magma ürünüdür.



**Konya bölgesi  
volkanik kayaçlarına  
ait major element  
(MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, TiO<sub>2</sub>  
ve K<sub>2</sub>O)-SiO<sub>2</sub> değişim  
diyagramları (Temel  
vd. 1998)**