

Archive of SID

()
Fe/(Fe+Mg) / / / / / / ()
()

HREE/LREE

()

(Manning, 1982)

(Slack et al, 1984, Henry and Guidotti, 1985)

(O,OH)

NAA

(Nicholson, 1980,

.Slack, 1982, Willner, 1992)

.(Slack, 1982)

%

.(Henry and Guidotti, 1985)

(Leeman and Sisson, 1996,

.Sperlich et al, 1996)

.()

.(Torres- Ruiz et al., 2003)

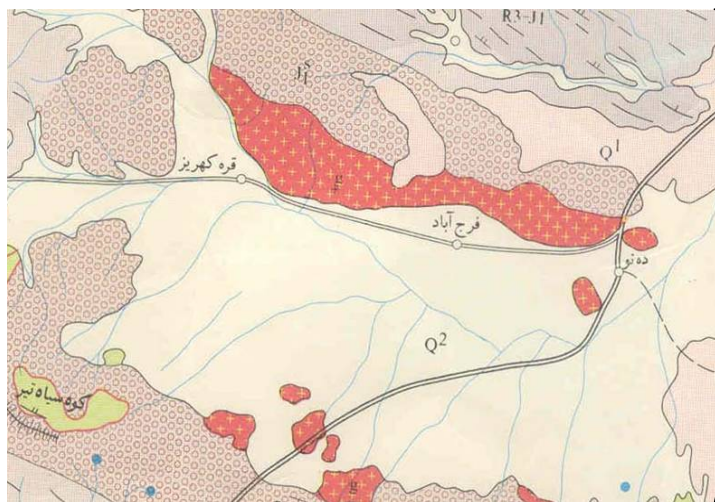
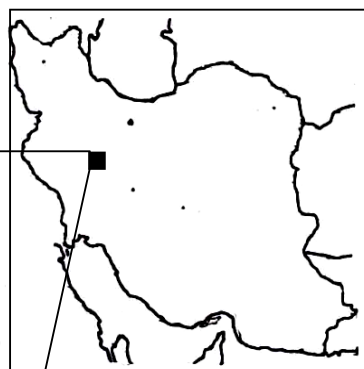
.()

Olympus

BH2

)

Cameca SX50

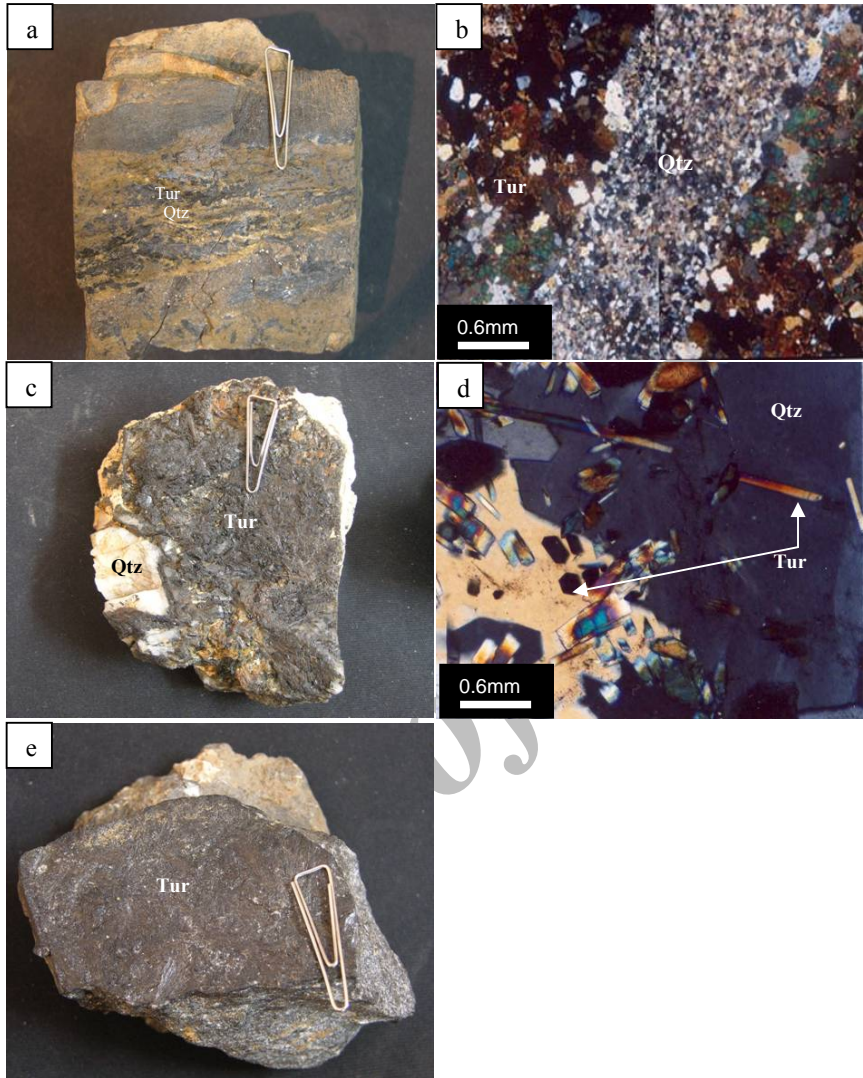


Archive of SID

- Q² ()
- Q¹ ()
- g ()
- ()
- K² ()
- J₁^s ()
- ()

()
.(a)

()



(a)

(c)

(b) (XPL)

(d) (XPL)

(e)

(b)

(Pesquera et al., 2005)

(e)

%

Syntectonic

(Slack et al., 1993, Pesquera and Velasco,

.1997)

()

H₂O

B OH

B₂O₃

()

(Hawthorne and Henry,

XY₃Z₆(T₆O₁₈)(BO₃)₃

: 1999, Hawthorne, 2002)

X=Ca, Na, K, [□cancy]

Y=Li, Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, Al, Cr³⁺, V³⁺, Fe³⁺, (Ti⁴⁺)

Z=Mg, Al, Fe³⁺, V³⁺, Cr³⁺

T=Si, Al, (B)

B=B, (□

V=OH, O, (F)

W=OH, F, O

Al

(c)

(d)

Mg Fe

/)

Fe/(Fe+Mg)

/)

(/

/)

(/

(d)

X-Vac./X-Vac.+ Na

(/

Fe-Mg-Al

(e)

Mg/(Mg+Fe)

() Fe-Mg-Ca

	تورمالینیت استراتی فرم						سنگ‌های پگماتی						رگه‌های کوارتز- تورمالین					
	۲۶/۶۲	۳۷/۱۵	۳۷/۱۲	۳۷/۰۹	۲۶/۸۲	۳۷/۱۳	۳۷/۰۲	۳۷/۵۴	۳۷/۰۷	۳۷/۶۵	۲۶/۹۱	۲۶/۶۱	۳۷/۲۲	۳۷/۰۹	۳۷/۰۳	۲۶/۹۶	۲۶/۵۶	۲۶/۰۷
SiO ₂	۲۶/۶۲	۳۷/۱۵	۳۷/۱۲	۳۷/۰۹	۲۶/۸۲	۳۷/۱۳	۳۷/۰۲	۳۷/۵۴	۳۷/۰۷	۳۷/۶۵	۲۶/۹۱	۲۶/۶۱	۳۷/۲۲	۳۷/۰۹	۳۷/۰۳	۲۶/۹۶	۲۶/۵۶	۲۶/۰۷
TiO ₂	۰/۹۴	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۶۷	۰/۳۸	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۳۶	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۹۲	۱/۳۹
Al ₂ O ₃	۳۳/۸۰	۳۳/۶۹	۳۳/۲۱	۳۳/۰۲	۳۳/۹۸	۳۳/۴۵	۳۳/۶۹	۳۳/۳۲	۳۳/۸۴	۳۳/۹۱	۳۳/۴۲	۳۳/۳۵	۳۳/۴۶	۳۳/۵۵	۳۳/۶۸	۳۳/۴۶	۳۳/۵۱	۳۳/۵۱
FeO	۷/۴۴	۸/۵۱	۷/۴۵	۷/۰۶	۷/۶۵	۷/۹۸	۸/۷۴	۶/۱۲	۶/۱۸	۶/۰۶	۶/۱۴	۸/۸۳	۶/۰۹	۶/۲۲	۶/۰۶	۶/۱۴	۹/۰۸	۸/۹۲
MgO	۲/۲۵	۲/۸۶	۲/۹۲	۲/۱۱	۲/۰۷	۲/۸۹	۳/۶۶	۵/۳۳	۵/۰۳	۵/۳۲	۵/۷۴	۲/۷۰	۵/۶۱	۵/۸۲	۶/۱۲	۵/۲۷	۵/۰۵	۲/۸۳
CaO	۰/۳۶	۱/۱۱	۰/۴۱	۰/۵۴	۰/۴۱	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۶۱	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۵۸	۱/۰۱	۰/۴۴	۰/۸۷
MnO	۰/۰۵	۰/۰۷	---	---	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	---	۰/۰۴	---	۰/۰۵	۰/۰۲	---	۰/۰۲	۰/۰۹
Na ₂ O	۲/۳۱	۱/۹۵	۲/۳۹	۲/۵۱	۲/۰۱	۲/۱۷	۱/۶۳	۲/۳۱	۲/۴۶	۲/۰۹	۱/۶۶	۱/۵۳	۲/۲۸	۲/۱۹	۲/۰۴	۱/۸۴	۱/۹۱	۲/۴۳
K ₂ O	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۴
H ₂ O	۳/۶۷	۳/۶۴	۳/۶۸	۳/۶۶	۳/۶۶	۳/۶۵	۳/۶۴	۳/۷۰	۳/۶۸	۳/۶۸	۳/۶۷	۳/۶۲	۳/۶۸	۳/۶۹	۳/۶۹	۳/۷	۳/۶۸	۳/۶۰
B ₂ O ₃	۱/۶۴	۱/۵۵	۱/۶۶	۱/۶۱	۱/۶۰	۱/۵۹	۱/۵۵	۱/۷۱	۱/۶۷	۱/۶۶	۱/۶۴	۱/۶۹	۱/۶۸	۱/۶۸	۱/۶۹	۱/۷۱	۱/۶۰	۱/۶۴
Total	۱۰۰/۳۱	۹۹/۹۷	۱۰۰/۳۳	۹۹/۷۴	۹۹/۷۸	۹۹/۹۱	۱۰۰/۳۱	۱۰۰/۰۷	۹۹/۷۵	۹۹/۵۷	۹۹/۴۱	۱۰۰/۱۱	۱۰۰/۲۱	۱۰۰/۰۶	۱۰۰/۳۳	۱۰۰/۹۳	۹۹/۷۴	
فرمول ساختمانی بر اساس ۳۱(O,OH)																		
Si	۵/۹۸۳	۶/۱۱۹	۶/۰۵۲	۶/۰۷۶	۶/۰۲۱	۶/۰۹۵	۶/۱۰۱	۶/۰۹۰	۶/۰۴۰	۶/۱۲۰	۶/۰۳۲	۶/۰۶۴	۶/۰۵۸	۶/۰۳۵	۶/۰۳۳	۵/۹۹۵	۵/۹۹۵	۶/۰۰۲
Al	۰/۰۱۷	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	---
B	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰
Al(Z)	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰	۶/۰۰۰
Al(Y)	۰/۴۲۲	۰/۳۳۶	۰/۵۴۸	۰/۵۶۸	۰/۵۶۷	۰/۴۷۱	۰/۴۰۰	۰/۳۷۱	۰/۴۸۹	۰/۳۷۵	۰/۴۳۷	۰/۳۱۵	۰/۴۱۹	۰/۴۳۴	۰/۴۵۶	۰/۵۸۳	۰/۲۷۷	۰/۱۱۱
Ti	۰/۱۱۵	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۱۵	۰/۰۸۳	۰/۰۳۵	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹	۰/۰۴۴	۰/۰۷۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۷	۰/۰۲۹	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۷	۰/۱۱۳	۰/۱۶۱
Mg	۱/۰۸۲	۰/۹۲۸	۰/۹۵۳	۱/۰۰۴	۰/۹۹۵	۰/۹۵۲	۰/۸۹۹	۱/۲۶۵	۱/۲۲۲	۱/۲۹۳	۱/۳۸۸	۱/۱۶۱	۱/۳۶۱	۱/۴۱۲	۱/۴۸۴	۱/۳۲۴	۱/۳۳۴	۱/۱۸۸
Mn	۰/۰۰۷	۰/۰۱۰	---	---	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	---	۰/۰۰۶	---	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	---	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳
Fe	۱/۰۱۷	۱/۱۷۲	۱/۰۱۶	۰/۹۶۷	۱/۰۲۹	۱/۰۹۵	۱/۲۰۴	۰/۸۳۰	۰/۸۴۲	۰/۸۲۶	۰/۸۳۹	۱/۲۳۳	۰/۸۲۹	۰/۸۴۶	۰/۸۲۴	۰/۸۳۳	۱/۲۳۵	۱/۲۴۲
Y total	۲/۷۱۵	۲/۵۲۸	۲/۶۰۱	۲/۵۵۴	۲/۶۹۸	۲/۵۶۰	۲/۵۹۷	۲/۵۶۵	۲/۶۱۳	۲/۵۲۴	۲/۷۲۷	۲/۷۸۲	۲/۶۳۹	۲/۷۱۴	۲/۷۸۵	۲/۷۱۷	۲/۸۷۲	۲/۷۲۵
Ca	۰/۰۶۳	۰/۱۹۶	۰/۰۷۲	۰/۰۹۵	۰/۰۷۲	۰/۱۳۴	۰/۱۵۵	۰/۱۱۳	۰/۱۲۰	۰/۱۲۸	۰/۱۱۷	۰/۱۰۸	۰/۱۲۳	۰/۱۲۸	۰/۱۰۱	۰/۱۷۶	۰/۰۷۴	۰/۱۵۵
Na	۰/۷۳۲	۰/۶۲۴	۰/۷۵۵	۰/۷۹۷	۰/۶۳۹	۰/۶۹۱	۰/۵۲۱	۰/۷۳۷	۰/۶۷۷	۰/۶۶۱	۰/۵۵۸	۰/۴۹۱	۰/۷۲۰	۰/۶۹۱	۰/۶۴۳	۰/۵۷۹	۰/۶۰۷	۰/۷۸۴
K	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸
X total	۰/۸۰۱	۰/۸۲۴	۰/۸۳۱	۰/۸۹۱	۰/۸۱۵	۰/۸۳۷	۰/۶۷۶	۰/۸۴۶	۰/۹۰۵	۰/۸۹۳	۰/۶۸۱	۰/۶۰۱	۰/۸۶۹	۰/۸۳۱	۰/۷۴۶	۰/۷۵۹	۰/۶۸۳	۰/۹۲۷
X-Vac.	۰/۱۹۹	۰/۱۷۶	۰/۱۶۹	۰/۱۰۹	۰/۲۸۵	۰/۱۷۳	۰/۳۲۴	۰/۱۵۴	۰/۰۹۵	۰/۲۰۷	۰/۳۱۹	۰/۳۹۹	۰/۱۳۱	۰/۱۶۹	۰/۲۵۴	۰/۲۴۱	۰/۲۱۷	۰/۰۵۳
Fe/Fe+Mg	۰/۴۸۴	۰/۵۵۳	۰/۵۱۶	۰/۴۹۰	۰/۵۱۳	۰/۵۲۵	۰/۵۷۲	۰/۳۹۶	۰/۴۰۳	۰/۳۸۹	۰/۳۷۵	۰/۵۱۳	۰/۳۷۸	۰/۳۷۵	۰/۳۵۷	۰/۳۹۵	۰/۵۰۲	۰/۵۰۹
Na/Na+Ca	۰/۹۲۱	۰/۷۶۱	۰/۹۱۳	۰/۸۹۴	۰/۸۹۹	۰/۸۳۷	۰/۷۷۱	۰/۸۶۵	۰/۸۶۶	۰/۸۳۸	۰/۸۲۷	۰/۸۱۹	۰/۸۳۴	۰/۸۳۳	۰/۸۶۴	۰/۷۶۷	۰/۸۹۱	۰/۸۳۵

Mg

(London and Manning, 1995) Fe

Al

$$\sum(\text{Fe}+\text{Mg})<3$$

(f) Y

Y<3

Li

R₂*

Al in R₂

Al

(Henry and Guidotti, 1985, Pesquera and Velasco, 1997)

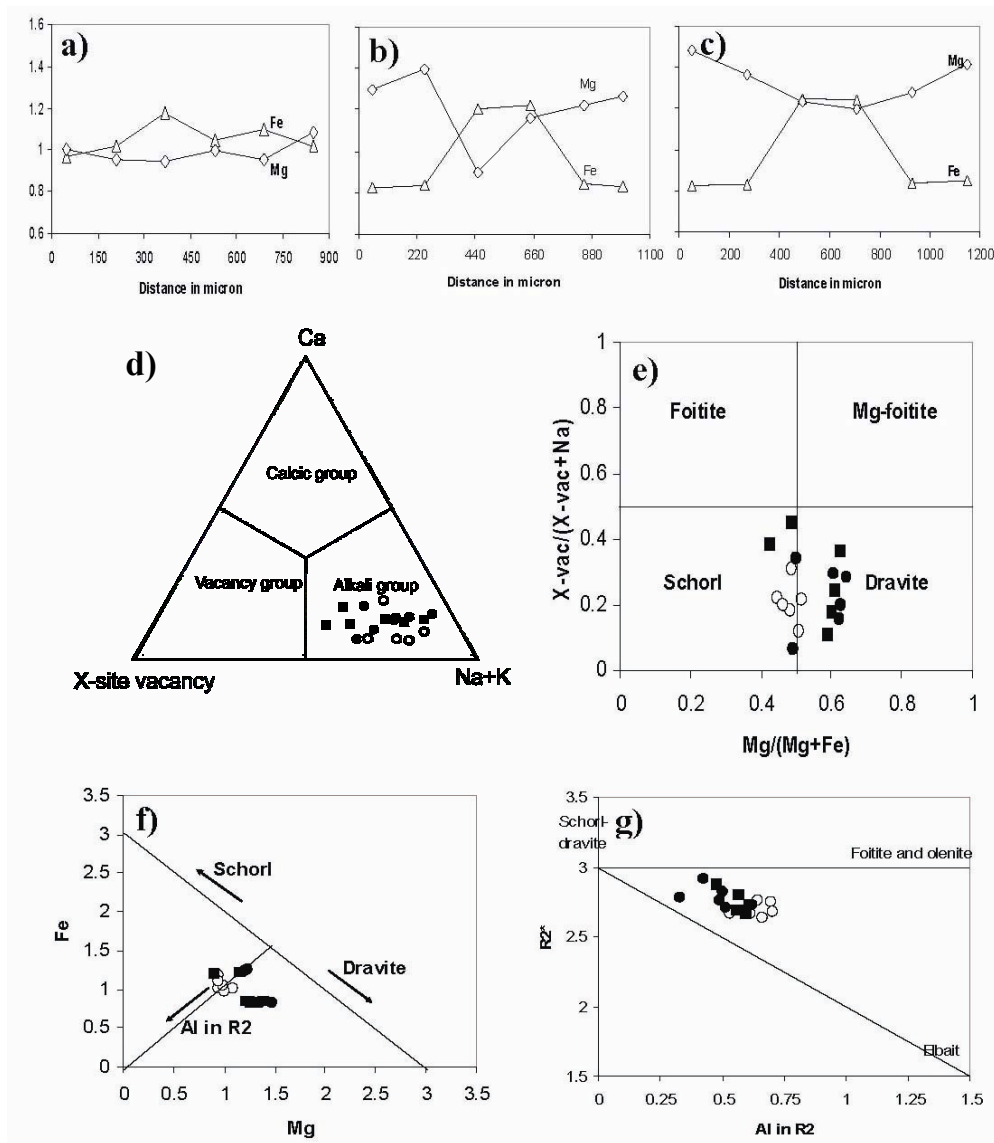
Fe-Mg-Ca Fe-Mg-Al

Al Ca

Mg Fe

Fe³⁺

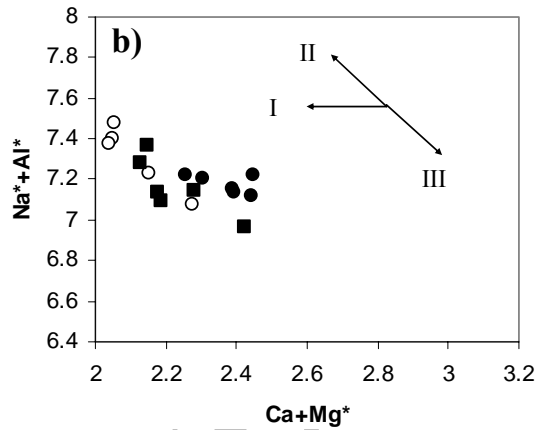
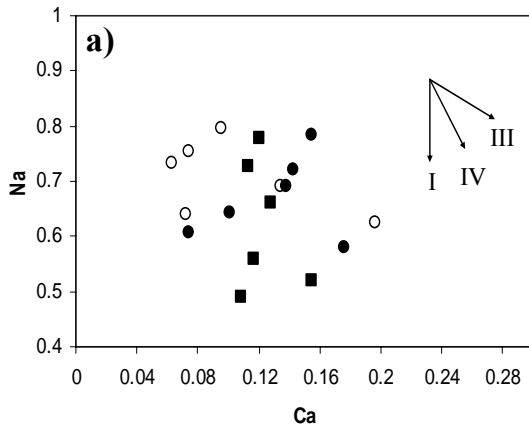
(Henry and Guidotti, 1985)



(a) (b) (c) (d) X-vac./X-vac.+Na (e) Mg/(Mg+Fe) (f) Fe Mg (g) R2* Al in R2

(London & Manning, 1995) Mg Fe [Hawthorne & Henry(1999) $\Sigma(\text{Fe}+\text{Mg})=3$

(London & Manning, 1995) Al in R2 R2* (f) (g) R2* = Fe+Mg+Mn+Al Al in R2=Al+1.33Ti+Si-12 Manning, 1995)



(Henry & Dutrow, 1990)

Na*+Al* (apfu)

(a) Ca (apfu)

Na (apfu)

(b) Ca+Mg*(apfu)

III) CaMgNa-1Al-1, CaONa-1(OH)-1, CaMg2OHNa-1Al-1 II) AlOMg-1(OH)-1 I) □ AlNa-1Mg-1
 (Mg* = Mg+Fe+Mn+2Li-Ti, Na* = Na+K, Al* = Al+Fe3++2Ti-Li, Henry & Dutrow, 1990)

Na*+Al*

Ca+Mg*

(g)

(/ /)

X

(b)

(/ /)

Fe-Mg-Ca Fe-Mg-Al

(/ /)

(Henry and Guidotti, 1985)

Al

Ca < /

X

(/)

Ca

Y

Al

(/)

ΣREE

AlNa₁Mg₁

AlOMg₁(OH)₁

(Harras and El-Sharkawy., 2001)

/

(/ /)

□

Na-Ca

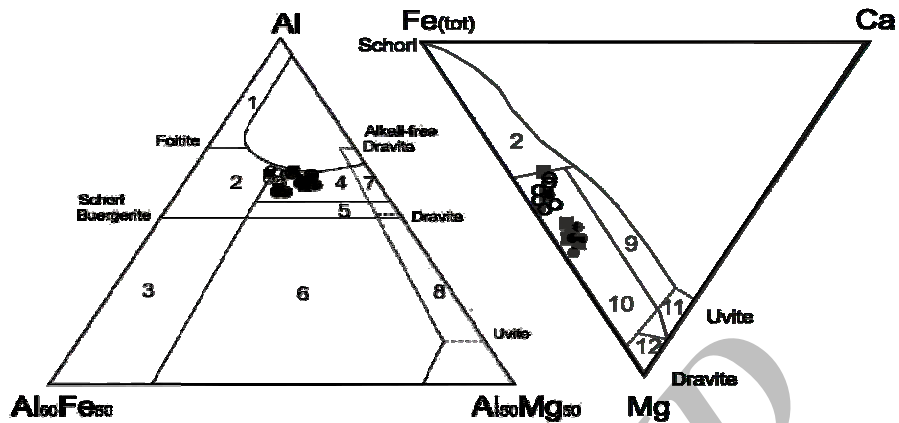
AlNa₁Mg₁

(La/Sm)_N = / /

(La/Yb)_N = / /

X

(a) (Pesquera et al., 1999)



(Henry & Guidotti, Ca-Fe-Mg Al-Fe-Mg

Li =2 Li =1 1985)

) Fe³⁺ =3

=5 Al =4 (

=6 Al

8 Cr V

Ca

7 Fe³⁺

10 Ca

9

12

11 Ca

c)

(La/Sm)_N = / / Sm

(b / /

HREE

(La/Yb)_N =

. ()

LREE

(London and Manning, 1995)

Al (Slack et al, 1996)

Al

(a)

(d

NAA

(ppm)						
As	/	/	/	/	/	< /
W	/	/	/	< /	< /	< /
Co	/	/	/	/	/	/
Cr						/
Zn	/	/		/	/	
Hf	/	/	/	/	/	/
Sc	/	/	/	/	/	/
Ta	/	/	/	< /	< /	< /
Th	/	/	/	/	/	< /
U	/	/	/	< /	< /	< /
La	/	/	/	/	/	/
Ce		/	/	/	/	/
Nd	/	/	/	/	/	/
Sm	/	/	/	/	/	/
Eu	/	/	/	/	/	/
Tb	/	/	/	/	/	/
Tm	/	/	/	/	/	/
Yb	/	/	/	/	/	/
Lu	/	/	/	/	/	/
∑REE		/	/	/	/	/
(La/Yb) _N	/	/	/	/	/	/
(La/Sm) _N	/	/	/	/	/	/

(Slack et al., 1984)

.(Gallagher, 1988)

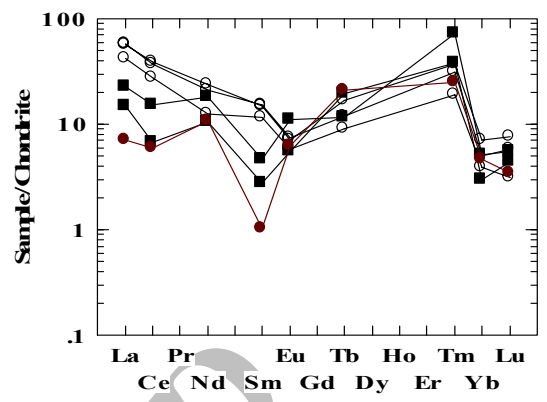
(Torres-

Ruiz et al., 1996)

(Slack et al., 1984, Plimer, 1988)

(Slack et al., 1993)

(Henry and Ca-Fe-Mg Al-Fe-Mg
 Guidotti, 1985)
 Na, Ca, Fe, Mg, Al
 (Morgan and London, 1989,
 .Torres-Ruiz et al., 2003)
 (Truscott and Shaw, 1984,
 ppm
 .Sperlich et al., 1996)



(Taylor & McLennan, 1985)

.(Henry and Dutrow, 1996)

.(Ethier and Campbell, 1977)

()

.(Morgan and London, 1987)

REE

REE

.(Raith et al., 2004)

REE

REE

1 Exhalite

(Fe, Mg, Ca, Na, Si) (Al) Sm (Raith et al, 2004) REE ()

Fe/(Fe+Mg) Ca X
 / /
 / /
 / /
 (Fe, Mg, Ca, Na, Al) REE (McLennan, 1989) /
 REE
 REE (Lottermoser, 1992) (PO₄³⁻, Cl⁻, F⁻, CO₃²⁻)

Archive of SID

LREE

- America, Washington, DC, *Rev. Mineral.* Vol. 33, pp. 503–557; (1996).
- 11- D. J., Henry, C. V., Guidotti, Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite grade metapelites of NW- Marine, *Am. mineral.*, Vol. 70, pp. 1-15; (1985).
 - 12- W. P., Leeman, and V. B., Sisson, Geochemistry of boron and its implications for crustal and mantle processes. In: Grew ES, Anovitz LM (eds) *Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry.* The Mineralogical Society of America, Washington DC, *Rev. Mineral*, Vol. 33, pp. 645-707; (1996).
 - 13- D., London, D. A. C., Manning, Chemical variation and significance of tourmaline from SW England, *Econ. Geol.*, Vol. 90, pp. 495-519; (1995).
 - 14- B. G., Lottermoser, Rare earth elements and hydrothermal ore processes, *Ore Geol. Rev.*, Vol. 7, pp. 25-41; (1992).
 - 15- D. A. C., Manning, Chemical and morphological variation in tourmalines from the Hub Kapong batholith of peninsular Thailand, *Mineral. Mag.*, Vol. 45, pp. 139-147; (1982).
 - 16- S. M., McLennan, Rare earth elements in sedimentary rocks, influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin, B. R., Mc Kay, G. A., (eds) *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*, The Mineralogical Society of America, Washington, DC, *Rev. Mineral.*, Vol. 21, pp. 169-200; (1989).
 - 17- G. B., Morgan VI, D., London, Alteration of amphibolitic wallrocks around the Tanco rare-element pegmatite, Bernic Lake, Manitoba, *Am. Mineral.*, Vol. 72, pp. 1097-1121; (1987).
 - 18- G. B., Morgan VI, D., London, Experimental reactions of amphibolite with boron-bearing aqueous
 - 3- V. G., Ethier, F. A., Campbell, Tourmaline concentrations in Proterozoic sediments of the southern Cordillera of Canada and their economic significance, *Can. Jour. of Earth Sci.*, Vol. 14, pp. 2348-2363; (1977).
 - 4- V., Gallagher, Coupled substitutions in schorl – dravite tourmaline: New evidence from SE Ireland, *Mineral. Mag.*, Vol. 52, pp. 637-650; (1988).
 - 5- H. Z., Harraz, M. F., El-Sharkawy, Origin of tourmaline in the metamorphosed Sikait pelitic belt, south eastern desert, Egypt, *Jour. Afr. Earth Sci.*, Vol.33, pp.391-416; (2001).
 - 6- F. C., Hawthorne, D. J., Henry, Classification of the minerals of the tourmaline group. *Eur. Jour. Mineral.*, Vol. 11, pp.201-215; (1999).
 - 7- F. C., Hawthorne, Bond – valence constraints on the chemical composition of tourmaline, *Can. Mineral.*, Vol. 40, pp. 789-797; (2002).
 - 8 - D. J., Henry, B. L., Dutrow, Ca substitution in Li-poor aluminous tourmaline, *Can. Mineral.*, Vol. 28, pp.111-124; (1990).
 - 9- D. J., Henry, B. L., Dutrow, Tourmaline in a low grade classic metasedimentary rock: an example of the petrogenetic potential of tourmaline, *Contrib. Mineral. Petrol.*, Vol. 112, pp. 203-218; (1992).
 - 10- D. J., Henry, B. L., Dutrow, Metamorphic tourmaline and its petrologic applications. In: Grew ES, Anovitz LM (eds) *Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry.* The Mineralogical Society of

- Trans. Instn. Min. Metall, (Sect. B: Appl. Earth Sci.), 91:B 81- B89; (1982).
- 26- J. F., Slack, N., Herriman, R. G., Barnes, I. R., Plimer, Stratiform tourmalinites in metamorphic terranes and their geologic significance, *Geol.*, Vol. 12, pp. 713-716; (1984).
- 27- J. F., Slack, M. R., Palmer, B. P. J., Stevens, R. G., Barnes, Origin significance of tourmaline-rich rocks in the Broken Hill district, Australia, *Econ. Geol.* Vol. 88, pp. 505-541; (1993).
- 28- J. F., Slack, C. W., Passchier, J. S., Zhang, Metasomatic tourmalinite formation along basement-cover décollements, orobic Alps, Italy, Schweiz, *Mineral, Petrogr. Mitt.*, Vol. 76, pp. 193-207; (1996).
- 29- R., Sperlich, R., Gieré, M., Frey, Evolution of compositional polarity and zoning in tourmaline during prograde metamorphism of sedimentary rocks in the Swiss Central Alps. *Am. Mineral.*, Vol. 81, pp. 1222-1236; (1996).
- 30- S., R., Taylor, S., M., MacLennan, The continental crust: Its composition and evolution, Blackwell, Oxford, 312p; (1985).
- 31- J., Torres-Ruiz, A., Pesquera, P.P., Gil Crespo, J., Cases, Tourmalinites and Sn-Li mineralization in the Valdeflores area (Cáceres, Spain), *Mineral. Petrol.*, Vol. 56, pp. 509-223; (1996).
- 32- J., Torres-Ruiz, A., Pesquera, P.P., Gil Crespo, N., Velilla, Origin and petrogenetic implications of tourmaline-rich rocks in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, southeastern Spain), *Chem. Geol.*, Vol. 197, pp. 55-86; (2003).
- 33- M. G., Truscott, D. M., Shaw, Boron in chert and Precambrian siliceous iron formations, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, Vol. 48, pp. 2220-2313; (1984).
- 34- A. P., Willner, Tourmalinites from the stratiform peraluminous metamorphic suite of the Central Namaqua Mobile Belt (South Africa), *Mineral. Depos.*, Vol. 27, pp. 304-313; (1992).
- fluids at 200 MPa: implications for tourmaline stability and partial melting in mafic rocks, *Contrib. Mineral. Petrol.*, Vol. 102, pp. 281-297; (1989).
- 19- P. M., Nicholson, The geology and economic significance of the Golden Dyke dome, Northern Territory in Ferguson, J., and Goleby, A. B., (eds), Uranium in the Pine Creek geosyncline: Vienna, International Atomic Energy Agency, pp. 319-334; (1980).
- 20- A., Pesquera, F., Velasco, Mineralogy, geochemistry and geological significance of tourmaline-rich rocks from the Paleozoic Cinco Villas massif (western Pyrenees, Spain), *Contrib. Mineral. Petrol.*, Vol. 129, pp. 53-74; (1997).
- 21- A., Pesquera, J., Torres-Ruiz, P. P., Gil-Crespo, N., Velilla, Chemistry and genetic implications of tourmaline and Li-F-Cs micas from the Valdeflores area (Cáceres, Spain), *Am. Mineral.*, Vol. 84, pp. 55-69; (1999).
- 22- A., Pesquera, J., Torres-Ruiz, P. P., Gil-Crespo, S. Y., Jiang, Petrographic , Chemical and B-isotopic insights into the origin of tourmaline-rich rocks and boron recycling in the Martinamor Antiform (Central Iberian Zone, Salamanca, Spain), *Jour. Petrol.*, Vol. 46, pp. 1013-1044; (2005).
- 23- I. R., Plimer, Tourmalinites associated with Australian Proterozoic submarine exhalative ores, In: Friedrich, G. H., Herzig, P. M. (eds), *Base Metal Sulfide Deposits in sedimentary and volcanic environments*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 255-283; (1988).
- 24- J. G., Raith, N., Riemer, N., Schoner, T., Meisel, Boron metasomatism and behaviour of rare earth elements during formation of tourmaline rocks in the eastern Arunta Inlier, central Australia, *Contrib. Mineral. Petrol.*, Vol. 147, pp. 91-109; (2004).
- 25- J. F., Slack, Tourmaline in Appalachian-Caledonian massive sulphide deposits exploration significance,