21872

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞU KARADENİZ METALOJENİK PROVENSİNDE BALCILI (ARTVİN) VE GÜZELYAYLA (TRABZON) BAKIR-MOLİBDEN OLUŞUMLARININ JENETİK ETÜDÜ

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Fuat YAVUZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Haziran 1992

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Ağustos 1992

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yılmaz BÜRKÜT

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Osman YILMAZ

Doç. Dr. M. Sezai KIRIKOĞLU

AĞUSTOS 1992

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Programına Doktora Tezi olarak hazırlanmış ve sunulmuştur.

İ.T.Ü. Araştırma Fonu tarafından desteklenen tezin ana hedefi, Kuzey Türkiye'de bir metalojenik provens içinde yer alan plütonik (Balcılı) ve volkanoplütonik(Güzelyayla) karakterli kayaçlara bağlı bakır-molibden oluşumlarını petrografik, jeokimyasal, petrokimyasal, cevher mineralojisi ve jeoistatiksel olarak irdelemek ve bu iki mineralizasyon sahasında cevherleşmeye etkide bulunan elementler arasındaki ilişkileri jeolojik gözlemleri de göz önünde bulundurarak istatiksel açıdan değerlendirmektir.

Olumlu eleştirileri ile bu tezin şekillenmesinde önemli yardımlarını gördüğüm, tez hocam Sayın Prof.Dr. Yılmaz BÜRKÜT'e şükranlarımı sunarım. Arazi çalışmalarım sırasında içten ilgi ve yardımlarını esirgemeyen MTA Balcılı kamp şefi Maden Mühendisi Mustafa TEKİN ve yardımcısı Maden Mühendisi Resul PARLAK'a, Laboratuvar çalışmalarım sırasında analiz teknikleri ile ilişkili yakın destek ve bilgi biriminden faydalandığım değerli arkadaşım Yrd. Doç.Dr. Ali Haydar GÜLTEKİN'e ve diğer ana bilim dalı elemanlarına, Parlatılmış Kesitlerimi itina ile inceleyen Dr. Ahmet ÇAĞATAY'a, Mikroprob analizlerimin yapılmasına olanak tanıyan Şişe Cam Araştırma Merkezi Müdür Yardımcısı Dr. Eşref AYDIN'a ve analizleri büyük bir özveri ile gerçekleştiren Jeoloji Yüksek Mühendisi Akif ÖZCAN'a ve çalışmalarıma büyük bir destek olan eşim Özlem YAVUZ'a teşekkür ederim.

HAZİRAN,1992 FUAT YAVUZ

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET..... VII
SUMMARY.....VIII
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ..... 1
BÖLÜM 2. ÇALIŞMA ALANININ YERİ TANIMI VE COĞRAFİK DURUMU..... 4
BÖLÜM 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE UYGULANAN YÖNTEMLER..... 7
3.1. Balcılı Porfiri Bakır Sahasında Önceki Çalışmalar..... 7
3.2. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasında Önceki Çalışmalar..... 7
3.3. Arazi Çalışmaları..... 8
3.4. Laboratuvar Çalışmaları..... 9
3.4.1. Optik Çalışmalar..... 9
3.4.2. Kimyasal Analizler..... 9
BÖLÜM 4. LİTOSTRATİGRAFİ VE PETROGRAFİ..... 12
4.1. Balcılı Granitoidlerinin ve Yan Kayaçlarının Litostratigrafisi ve Petrografisi..... 12
4.1.1. Tonalit..... 16
4.1.2. Granodiorit..... 18
4.1.3. Granit..... 20
4.1.4. Dasit..... 21
4.1.5. Andezit-Kuvars Andezit..... 22
4.1.6. Andezit ve Diabaz Daykları..... 23
4.2. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasının Litostratigrafisi ve Petrografisi..... 25
4.2.1. Kireçtaşı..... 27
4.2.2. Andezit ve Bazaltik Andezit..... 28
4.2.3. Cevherli Dasit..... 28

4.2.4. Andezit..... 33
4.2.5. Cevhersiz Dasit..... 34

BÖLÜM 5. JEOKİMYASAL İNCELEMELER..... 36
5.1. Balcılı Granitoidlerinin Asli Element Jeokimyası..... 36
5.1.1. Kimyasal Mineralojik Özellikler..... 44
5.1.2. Granitoid Ayırımı..... 47
5.2. Balcılı Granitoidlerinin Kristalizasyon Difreransiyasyon ve Katılaşma İndeksleri 53
5.3. Balcılı Granitoidlerinin Niggli Parametreleri ve Uygulamaları..... 57
5.4. Balcılı Granitoidlerinin İz Element Jeokimyası..... 64
5.5. Balcılı Granitoidlerinin Amfibol Kimyası ve Termobarometre..... 69
5.6. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Asli Element Jeokimyası..... 72
5.6.1. Kimyasal Mineralojik Özellikler..... 81
5.6.2. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Karakterli Kayaçlarının I-S Tipi Granitoid Ayırımı Kapsamında Gözden Geçirilmesi..... 83
5.7. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Kristalizasyon Diferansiyasyon ve Katılaşma İndeksleri..... 87
5.8. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Niggli Parametreleri ve Uygulamaları..... 88
5.9. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik kayaçlarının İz Element Jeokimyası..... 94
5.10. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Amfibol Kimyası ve Termobarometre..... 99

BÖLÜM 6. CEVHER MİNERALOJİSİ..... 103
6.1. Porfiri Granitoidlerde Cevherli-Cevhersiz Plüton Kriteri..... 103
6.1.1. Balcılı Granitoidlerinin Mineralizasyon Karakteri..... 104
6.1.2. Balcılı Granitoidlerinin Cu-Mo-Au Dağılımı..... 105

6.2. Balcılı Porfiri Bakır Yatağının Cevher Mineralleri..... 107
6.3. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Mineralizasyon Karakteri..... 109
6.4. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarında Cu-Mo-Au Dağılımı..... 110
6.5. Güzelyayla Porfiri Bakır Yatağının Cevher Mineralleri..... 112
BÖLÜM 7. ALTERASYON KUŞAKLARI..... 119
7.1. Porfiri Bakır Yataklarında İzlenen Alterasyon Zonları..... 119
7.2. Balcılı Porfiri Bakır Yatağının Alterasyon Kuşakları..... 120
7.3. Potasik Kuşakta Yer Alan Birincil ve İkincil Biotitlerin Mineral Kimyası.... 122
7.4. Güzelyayla Porfiri Bakır Yatağının Alterasyon kuşakları..... 125
7.5. Potasik-Kuşakta Yer Alan Birincil ve İkincil Biotitlerin Mineral Kimyası.... 128
BÖLÜM 8. JEOKİMYASAL TEKLİ VE ÇOKLU VERİ ANALİZİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ..... 131
8.1. Balcılı Cevher Sahası İz Elementlerinin İstatiksel Değerlendirmesi..... 131
8.2. Polinoma Uyarlama Analizi..... 134
8.3. Balcılı Porfiri Bakır Sahasına Polinoma Uyarlama Analizinin Uygulanması..... 136
8.3.1. Test İstatistiği..... 141
8.4. Güzelyayla Cevher Sahası İz Elementlerinin İstatiksel Değerlendirmesi..... 144
8.5. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasına Polinoma Uyarlama Analizinin Uygulanması... 147
8.5.1. Test İstatistiği..... 151
8.6. Ana Elemanlar Analizi..... 153
8.7. Ana Elemanlar Analizinin Balcılı Porfiri Bakır Sahasına Uygulanması..... 154
8.7.1. Eleman 1..... 157
8.7.2. Eleman 2..... 158

8.8. Ana Elemanlar Analizinin Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasına Uygulanması.... 159
8.8.1. Eleman 1..... 162
8.8.2. Eleman 2..... 164
8.9. Lineer Diskriminant Analizi..... 164
8.10. Balcılı ve Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasının Cu-Mo Lineer Diskriminant Analizi..... 165
SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 169
KAYNAKLAR..... 183
ÖZGEÇMİŞ..... 191

ÖZET

Kuzey Türkiye'de yer alan iki bakır-molibden sahası, Balcılı(Artvin) ve Güzelyayla(Trabzon) bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. Balcılı porfiri bakır mineralizasyonu tonalit ve granodiorit bileşimli pültonik kayaçlara, Güzelyayla porfiri bakır mineralizasyonu ise porfiritik dokulu andezit ve dasitlere bağlı olarak gelişmiştir. Kalk-alkali granitik bir mağmanın ürünü olan inceleme alanı kayaçları, yoğun bir şekilde hidrotermal alterasyona maruz kalmışlardır.

Balcılı granitoidleri daha ziyade peralüminyumlu ve göreceli olarak ta sodik karakterlidir. Asıl cevherleşmeyi bünyesinde bulunduran potasik kuşağın, Güzelyayla sahasına oranla daha geniş bir alanda yayılım göstermesi nedeni ile, I-tipi bir granitoidten S-tipi bir granitoide geçiş eğilimi gösterirler. Tektonik distriminasyon diağramlarında volkanik yay granitoidleri alanında dağılım gösteren Balcılı granitoidleri, ağırlıklı normal yay karakterinden doygun yay karakterine geçiş gösterirler. Magnezyo-hornblend bileşimli kalsik amfibolleri kapsamında bulunduran inceleme alanı kayaçları; ortalama olarak 3.02 ± 0.5 kbar kristalizasyon basınçlarında ve $791 \pm 75^{o}C$ sıcaklıklarda duraylı hale gelmişlerdir. Bakır ve molibden disseminasyon ve damarcık şeklinde olmak üzere başlıca iki türde cevherleşme sergilerler. Jeokimyasal çoklu veri analizi değerlendirmeleri ile bakır'ın Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda ve Güneydoğu'ya artan oranda konsantrasyon gösterdiği belirlenmiştir.

Metaalüminyumlu ve daha ziyade peralüminyumlu Güzelyayla valkanoplütonik kayaçları, sodik karakterli olup, I-tipi granitoidlerin genel çizgilerini daha baskın bir şekilde kapsamlarında bulundururlar. Volkanik yay granitoidleri alanında yayılım gösteren volkanoplütonik kayaçlar, primitif ve normal bir yay doygunluğunun genel karakterlerini taşırlar. Magnezyo-hornblend bileşimli kalsik amfibolleri bünyelerinde bulunduran kayaçlar, ortalama olarak 2.71 ± 0.5 kbar kristalizasyon basınçlarında ve $682 \pm 75^{o}C$ sıcaklıklarda duraylı hale gelmişlerdir. Bakır disseminasyon, damarcık ve mikrodamarcıklar şeklinde, molibden ise disseminasyon ve damarcıklar şekilde izlenir. Jeokimyasal çoklu veri analizi değerlendirme yöntemleri ile bakır'ın Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda ve Güneydoğu'ya artan oranda konsantrasyon gösterdiği saptanmıştır.

Lineer diskriminant analizi, % 90 güvenlik sınırı içinde, Balcılı sahasının Cu-Mo popülasyonunun % 75 Güzelyayla sahasının Cu-Mo popülasyonunun ise % 83 oranında merkezi indekse göre ayrılabileceğini göstermiştir. Buna göre, Güzelyayla sahası gerek cevher minerallerinin türü gerekse Cu-Mo popülasyonlarının dağılım sınırları açısından Balcılı sahasına göre önemli bir mineralizasyon alanı olarak ön plana çıkmıştır.

A GENETICAL INVESTIGATION OF BALCILI(ARTVİN) AND GÜZELYAYLA(TRABZON) COPPER-MOLYBDENUM OCCURRENCES IN THE METALLOGENIC PROVINCE OF EASTERN PONTID

SUMMARY

In the following dissertation, two porphyry copper mineralization areas Balcılı(Artvin) and Güzelyayla (Trabzon) in Northern part of Turkey has been studied. In Balcılı,the mineralization is hosted by the tonalitic and granodioritic plutonic rocks. These type of rocks are cut by the prophiritic and felsitic andesites-quartz andesites, dacites, diabase dykes and veins or veinlets type of quartzs. Although there is no clear geological age for emplacement of the Balcılı granitoids, a number of researchers agree with the Upper Cretaceous age based on their field obsevations. The Güzelyayla porphyry type cooper mineralization is hosted by the volcanic and subvolcanic porphiritic andesites and dacites. The grain size of the rocks change from north to south in accordance with the chemical compositions of volcanoplutonics and reaches to the gronodiorites and adamellites in the south of the investigated area.

Major element geochemical results reveal that the Balcılı granitoids are derived from the calc-alkali magmas. In Balcılı, the magmatic rocks are relatively in sodic and calcic character; the alkali-lime index for granitoids is approximately 63. Metaluminous and peraluminous granitoids spreaded as the transition types as classified by the I and S-type granitoids. As the potassic alteration is widespread in this area, there is an excess potassium content in the rocks which results from the secondary biotites. This is believed to be affected by the variation of the original I-type granitoid to the S-type granitoid. The Balcılı plutonic rocks are also named as the magnetite series granitoids. Major element geochemical results indicate that the Güzelyayla volcanic and sobvolcanic rocks are generated from the calc-alkali magmas. Dacites are the main rock group in the investigated area. Their chemial compositions

change from the low-potassium dacites to high-potassium dacites. In Güzelyayla, the volcanoplutonic rocks are in sodic and calc-alkali character. Their alkali-lime index value is approximately 58. I-type granitoid features are the prevailing charecteristic of andesites and dacitic rocks. As the distribution of potassic alteration in this area is limited, the tendency of rocks to the S-type character is restricted. The narrow distribution found in potassic zone is believed to have an important part on this occurence. In Güzelyayla porphyry copper mineralization area, the magmatic rocks represent the magnetite series which reflects the more oxidized environment than the ilmenite series granitoids.

The Balcılı granitoids are derived from the pacific type magma with respect to their Niggli parameteres. This result is also in accordance with the major elements. According to the parameter evaluations the magmatic rocks distribute in the semisalic, isofalic and semifemic regions indicating that the multiple intrusives exist in this area, as it was also extensive in many other prophyry copper deposits. Granitoids classified in the alkali intermediate region also show alkali magma in character. Discounting some of the Niggli values by a computer program, the plutonic rocks in Balcılı area are found to orginate from a calc-alkali granitic magma. The Güzel-yayla volcanoplutonic rocks are generated from the pacific type magmas. Appreciation of the Niggli parameters indicates that the investigated area rocks arised from the salic, isofalic and semifemic magmas. A computer program written for these purpose evaluating the alkali and ferromagnesien Niggli values, show the alkali intermediate rocks to be derived from a calc-alkali granitic magma.

Lineer trend surface of the differantiation index in the Balcılı granitoids increases from the Northeast to the Southwest direction and the dip is to the Southeast. Quintic polynomial trend surface shows that there is a zonal structure among the tonalites through granites depending upon the chemical compositions of rocks. Combination of differantiation, crystallization and solidification indexes in the Güzelyayla volcanoplutonics indicate that there are mainly two different solidification trends, i.e. the crystallization in this area continued at some intervals.

Systematic variations between Rb-Ba and Sr-Rb are consistent with a differantiation model in the Balcılı

porphyry copper mineralization area and show trends typical of plagiocl ase-biotite fractination. In chondrite normalized spider diagram the spectrum of trace elements shows similar trends for granitoids that were developed in island arcs and continental margins. Granites are enriched in large ion litophile elements except Sr, compared to the granodiorites and tonalites. In the studied area rocks, cerium (LREE) is enriched in accordance with the spectrum of an island arc or a continental margin granitoid wheares lanthanum is marginally depleted. High field strenght elements (Ta, Nb, Ti, Y) except Zr, are enriched in plutonic rocks and show that they may be affected by within-pate mantle sources. In tectonic discrimination diagrams, the Balcılı granitoids accumulate in the volcanic arc granitoids region. From the point of view of the arc maturity they range from dominantly normal continental arc to mature continental arc environments. Systematic covariations between Rb-Ba and Sr-Rb are harmonious with a differantiation model in the Güzelyayla prophyry copper mineralization area, typical plagioclase-biotite fractination trend was observed as it was in the Balcılı field. There is a consistent relationship between the chondrite-normalized trace element spectrum and an island arc or a continental margin granitoid spectrum. The barren dacites are enriched in accordance with the mineralized dacites and andesites, particularly in terms of the large ion lithophile elements. The other high field strenght elements (Ta, Nb, Ti, Y) except Zr, show a richer trend compared to the island arc granitoids. The Güzelyayla volcanoplutonic rocks accumulate in the volcanic arc granitoids on tectonic discrimination diagrams. In terms of the arc maturity they range from the primitive to the dominantly continental arc environments.

Representative microprobe amphibole analysis and the structural fromula recalculated on the basis of 23 oxygen cations show that calcic amphiboles in the Balcılı granitoids exhibit magnesio-harnblende composition. The crystallization pressures of the Balcılı granitoid considering the total cationic aluminum content of hornblende has been calculated as 3.02 ± 0.5 kbar using the calibration of Johnson and Rutherford. The Balcılı magmatic rocks have been equilibrated under this pressure and a temperature of $791 \pm 75^{o}C$ using the geothermometer equations of Blundy and Holland. In the Güzelyayla volcanic and subvolcanic rocks the calcic amphiboles are in magnesio-hornblend composition. The volcanoplutonic rocks have been crystallized according to the total cationic aluminum content of hornblende at 2.72 ± 0.5 kbar

pressures at an equilibration temperatures of $682\pm75^{o}C$. The Balcılı granitoids distribute in Feiss's mineralized pluton region when A/CNK ratio in molar quantities is plotted versus SiO_2 content. The most important component in this diagram is Al_2O_3. Unmineralized but, altered granitoids are generally enriched with aluminum but depleted with alkalies. A new seperation line was proposed instead of Feiss's seperation line in order to seperate the mineralized pluton from the unmineralized pluton more accurately and eliminate the undesirable situations encountered. The validity of proposed seperation line has been spreaded particularly over the barren Güzelyayla dacites. In this study, another seperation curve was developed to seperate the porphyry copper deposits in the porhyry molybdenum rich and porphyry copper rich fields in the copper-molydenum-gold triangular diagram. Using this diagram it has been noticed that the Balcılı granitoids are widespread in the porphyry molybdenum rich sector. On the other hand, the Güzelyayla prophyry copper mineralization classified as in the porphyry copper sector indicates the different mineralization character from the Balcılı area.

Copper mineralization occurs as disseminations and veinlets in the Balcılı granitoids. There is almost no copper mineralization in quartz veins and veinlets that cut the granitoids. Molybdenum however, is found mainly in two forms. It is observed in granitoids as disseminations and in quartz as veins and veinlets. Pyrite, chalcopyrite, malachite, azurite, molybdenite, magnetite, hematite, ilmenite and pyrrhotite are the primary ore minerals. The polished sections did not reveal the copper accompanied with molybdenum. Copper mineralization is observed mainly in two forms in the volcanic and subvolcanic Güzelyayla rocks. Fracture filling chalcopyrites in dacites are widespread in this area. Chalcopyrite in the second situation accompanies pyrite and molybdenite depending upon the intensive silicifications. Micro veinlets chalcopyrite related with the silicifcation is the caharacteristic feature of the investigated area. The Güzelyayla porphyry copper mineralization is distinguished from the Balcılı area by its variety of ore minerals. Pyrite, chalcopyrite, bornite, chalcosine,covelline, neodigenite, cubanite, tetrahedrite, cuprite, tenorite, native copper,azurite, malachite, molybdenite, pyrrhotite, pentlandite and sphalerite are the primary ore minerals.

The existance of mainly three alteration zones in the Balcılı mineralization area has been identified based on the 140 thin section determinations. They change from potassic through phyllic to propylitic alteration zones from inward to outward. Potassic alteration is characterized by the bouclé type fine grained secondary biotites. This zone is observed within be granodiorites and tonalites. It comprises an important part of copper molybdenum mineralization. The potassic zone passes to the phyllic zone with the increase of the sericite and pyrite. In addition to the chloritization,phyllic zone passes to the propylitic zone upon observing the epidote. Microprobe studies on representative primary and secondary biotites and the structural formula recalculated on the basis of 22 oxygen cations show that biotites in potassic zone exhibited a tendency phologopite in character. Based on the 175 thin sections mainly three alteration zones were determined respectively potassic, phyllic and propylitic from inward to outward in the Güzelyayla mineralization area. Potassic alteration characterized by the presence of secondary biotites, occurs as pseudomorphs after igneous amphiboles and as a variable flooding of the porphyry groundmass. In this zone the volcanic and subvolcanic dacites are widespread. Silicification is the other typical feature of potassic zone. Phyllic zone is characterized by the sericitization, pyritization and chloritization in biotites. Propylitic alteration generally, found in the basalts, basaltic andesites and barren dacites. Epidote and pyrite are the most important part of this zone. Electron probe studies on primary and secondary biotites in potassic zone indicate that biotites are annite in character.

Copper shows strong lognormal distribution character in the Balcılı granitoids. Molybdenum with the two different populations also exhibits lognormal distribution. Classicical anomaly calculations indicate that the probable anomaly values for copper, molybdenum, zinc and lead are 754,555,89 and 14 ppm respectively. There is a negative correlation between copper and molybdenum in the Balcılı mineralization arae. This is an another statement of inconcurrence of copper and molybdenum. Similar strong lognormal distributions for copper, molybdenum, zinc and lead are valid for the Güzelyayla porphyry copper mineralizations. According to the classical anomaly calculations, the probable anomaly for copper, molybdenum, zinc and lead are 3120,636,320 and 14 ppm, respectively. The relationship between copper and molybdenum yield a pozitive trend with a correlation coefficient of 0.28. The indicated value is also an

evidence for the concurrence of copper and molybdenum.

One of the most powerfull multiple geochemical data evaluations, the trend surface analysis, has been applied to the Balcılı area for studying the copper concantrations. The analysis was applied to the quintic level. Linear trend surface analysis shows that there is a linear variation in Northeast-Southwest direction and increasing copper concantrations dip to the Southeast. Quadratic trend surface analysis emphasizes that a pozitive ellipsoidal plane in which long axis in Northeast-Southwest and short axis in Northwest-Southwest directions has an important role on mineralization. Increasing the level of polynomial equations did not change the outlines of concantration but pointed out the local negative ellipsoidal planes. Quintic residuel trend surface analysis shows that there are roughly four copper anomaly fields in the investigated are. It has been determined that there was a linear variation trend in Northeast-Southwest dierction and increases to the Southeast for copper concantration in the Güzelyayla porhyry copper mineralization area. Structural controlled mineralization was not changed its contours when the level of polynomial equation was increased up to the fifth degree. Quintic residuel trend surface analysis points out the four anomaly fields for copper in the studied area.

Principal component analysis indicates that mainly two components in the Balcılı porphyry copper area played an important part in mineralization. Component 1, comprises the 79% of total variance of original data. Copper is the most important element with a pozitive principal component loading of 0.99. The second important element in Component 1 is the molybdenum with the principal component loading of 0.2. Component 2, includes the 21% of total variance of original data. The most important element in component 2 is molybdenum with the principal component loading of 0.99. Copper is the second important element with the component loading of 0.1. Principal component analysis applications in the Güzelyayla porphyry copper area showed nearly similar results as in the Balcılı area. Component 1, includes the 74% of total variance of original data. Copper is the most important element in component 1 with the component loading of 0.90. Molybdenum follows the copper with the 0.42 component loading in pozitive trend. Component 2, comprises the 26% of total variance of data and the most important element is molybdenum with the 0.91 pozitive component loading. Copper shows a negative component loading of -0.41.

Linear discriminant analysis between the Balcılı and Güzelyayla porphyry copper mineralization areas yields an equation which discriminates the copper and molybdenum populations with a linear line in North 40° East direction. About 75% of the original values in the Balcılı area was seperated to the centered index. Original data of the Güzelyayla area are seperated about in the 83% of ratio according to the centered index. Correlation of the results together with the other statistical evaluations showed that the Güzelyayla area is the most promising field among the areas studied.

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Düşük tenörlerine karşın büyük rezervleri ile dikkatleri üzerine toplayan porfiri bakır yataklarının Dünya yerbilimleri tarihinde önemli bir yeri vardır. 1970'li yıllar, bu tür yatakların aranması ve hakkında çok sayıda bilgi, veri ve tez çalışmaları ile makele ve kitapların yayınlandığı dönemlerdir.

Kuzeydoğu Türkiye'de çalışmamıza konu olan porfiri bakır sahalarına ait bulgu ve sonuçları irdelemeden önce bir metalojenik provens karakteri taşıyan ve Balkan-Kafkas-İran Cu-Mo kuşağı üzerinde yer alan diğer porfiri bakır yatakları üzerinde araştırıcılar tarafından gerçekleştirilmiş çalışmalara bir göz attığımızda, porfiri bakır araştırmaları ile ilişkili ilk kapsamlı çalışmaların Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilatı ile MTA tarafından başlatıldığını görürüz. Bu proje kapsamında Ulutaş(İspir-Erzurum) ve Bakırçay (Merzifon-Çorum) porfiri bakır yatakları ekonomik tenör ve büyüklüklerde olmasalar bile ülkemiz porfiri bakır potansiyeli konusunda ön plana çıkmışlardır (GILES, 1974; HAKARI, 1974;MULLER ve diğ.,1974 ; ARAL ve ERLER, 1981). Bakırçay porfiri bakır yatağı daha sonra TAYLOR (1980,1981) tarafından ayrıntılı jeokimya ve K-Ar izotop çalışmalarına konu olmuştur. ÜŞÜMEZSOY (1982 a,b, 1989), Istranca batolitinde Cu-Mu mineralizasyonu ile ilişkili bulgularını tektonik kavramlar kapsamında tartışmıştır.

Batıda, Balkanlar ve Trakya'dan başlayıp doğuda Kafkaslar ve İran üzerinden Pakistan'a kadar uzanan yaklaşık

6000 kilometre uzunluğundaki Cu-Mo metalojenik kuşağı üzerinde yer alan ve 1980'li yılların ortalarından itibaren MTA raporlarına giren iki yeni porfiri bakır sahası, Balcılı (Yusufeli-Artvin) ve Güzelyayla(Maçka-Trabzon) bu çalışma kapsamında hedef seçilerek ele alınmıştır. Bakır-molibden mineralizasyonunun izlendiği sahalarda harita alımını mütakip, hidrotermal alterasyon kuşaklarının dağılımını ortaya koyabilmek amacı ile mümkün olduğunca çok sayıda örnekleme yapılmıştır. Petrografik çalışmalar ile mineralizasyonun plütonik tonalit ve granodiorit (Balcılı) ve volkanoplütonik andezit ve dasitlere (Güzelyayla) bağlı olduğu saptanmıştır.

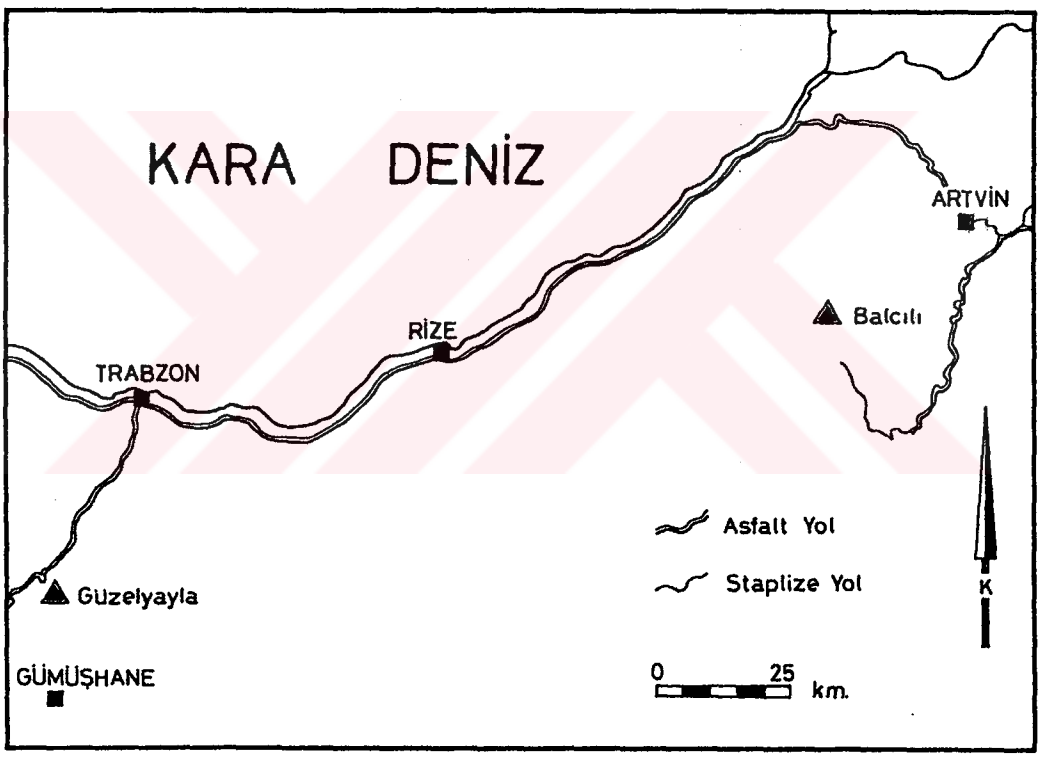
Asli element kimyasal analizleri ve bunlardan oluşturulan Niggli ve C.I.P.W. gibi bazı petrokimyasal değerlendirmelere göre her iki sahada yer alan kayaçlar, kalk-alkali granitik bir mağmanın ürünüdürler. Yine bu değerlendirmeler ışığı altında, I-tipi granitoid karakteri sunan kayaçların, gelişen hidrotermal alterasyonla hangi spektrumda S-tipi bir granitoid karakterine dönüştüğü çok boyutlu olarak ele alınmıştır. İz element kimyasal analizleri ile kayaçların karakteristik tektonik ortamları, amifibol mikroprob değerlendirmeleri ile de onlara vücut veren mağmaların yerleşme basınçları ve stabilizasyon sıcaklıkları tespit edilmeye çalışılmıştır. Parlatılmış kesit incelemeleriyle her iki sahada bakır-molibden mineralizasyonuna eşlik eden cevher mineralleri, yapıları, tane boyutları, birbirleri ile olan ilişkileri ve parajenezleri belirlenmiştir. Esas cevherleşmenin yer aldığı potasik kuşak içindeki birincil ve ikincil biotitlerin mikroprob değerlendirmelerinden hareket ederek, bu zondaki biotitlerin karakterleri ve elementsel değişimleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Jeokimyasal klasik veri değerledirme yöntemleri ile, konsantrasyon açısından en yüksek değişim sunan cevher elementlerinin dağılım

karakterleri saptanmış ve bunlara ait olası anomali sınır değerleri belirlenmiştir. Jeokimyasal çoklu veri analizi değerlendirme yöntemlerinden polinoma uyarlama analizi ile, bakır'ın inceleme alanlarındaki dağılımları yapısal etmenler ile birlikte ele alınarak irdelenmiş ve bulgular diğer jeolojik gözlemler ile karşılaştırılarak anomali yerlerinin konumları belirlenme cihetine gidilmiştir. Diğer bir jeokimyasal çoklu veri değerlendirme yöntemi olan ana elemanlar analizi, Balcılı ve Güzalyayla porfiri bakır sahasında mineralizasyona eşlik eden asli cevher elementlerini ortaya çıkarmış, hesaplamalar sonucunda gelişen elemanlara göre elementlerin kazanmış olduğu pozisyonları ile ilişkili karşılaştırmalı yorumlar yapılmıştır.

Aynı tektonik ortamda, ancak farklı kayaç gruplarına bağlı olarak gelişen Balcılı ve Güzelyayla porfiri bakır yatakları lineer diskriminant analizi tekniğine göre gözden geçirilmiş, her iki sahanın bakır ve molibden için popülasyonları etkin bir istatiksel yöntem ile ayırtlanmıştır. Sonuç olarak, Güzelyayla sahasının gerek bakır gerekse molibden açısından dikkate alınması gereken bir yatak görünümü ile, bakır'a oranla molibden'ce daha önemli bir durum sergileyen Balcılı sahasına göre ön plana çıktığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 2. ÇALIŞMA ANALININ YERİ TANIMI VE COĞRAFİK DURUMU

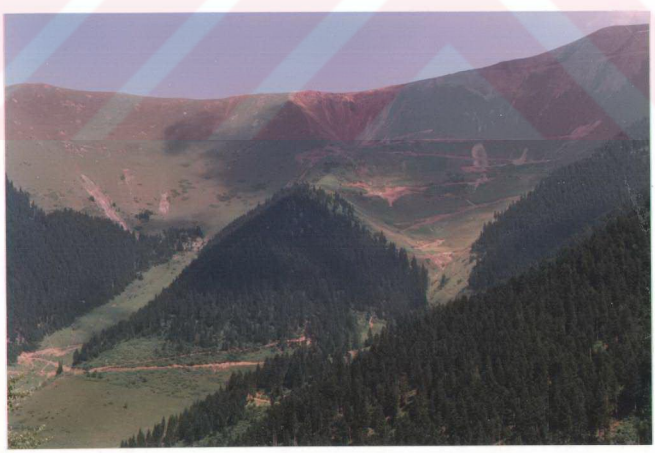
Çalışmaya konu olan porfiri bakır yatakları, Trabzon ilinin Maçka ilçesine bağlı Güzelyayla köyü ile Artvin ilinin Yusufeli ilçesine bağlı Balcılı köyünde yer alır (Şekil 2.1).



ŞEKİL: 2.1. Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası.

Güzelyayla cevherleşme sahası, 1/25.000 ölçekli Trabzon G42-C2 ve G43-d1 paftalarında yaklaşık olarak 6 km^2 alanı kapsamında bulundurur. Maçka ilçesinin 25 km güneybatısında bulunan inceleme alanı, E97 Trabzon-Gümüşhane karayoluna 4 km. uzaklıktadır. Çalışma sahasında

yer alan en büyük dere, Güneyden Kuzeye akış yönlü Kirazdere ile bu dereye Güneydoğu-Kuzeybatı ve Doğu-Batı doğrultularında bir akış sistemi ile yan kollar şeklinde katılan Hasan dere ve Matderedir. Sürekli yağış alan bir bölgenin karakteristiği olarak yaz aylarında dahi kurumayan akarsu sistemleri, genelde sediman açısından varlıklı değildirler. Yaygın bir yeşil alan örtüsünün yer aldığı sahada ana kaya örneklemeleri, ancak derelerden ve 1984 yılında MTA ve Japonların ortak çalışmalarıyla yürüttükleri bir arama projesi kapsamında açılan yollardan yapılabilmiştir. Doğu Karadeniz sıradağlarının eteklerinde yer alan bu saha sürekli bir sis bulutu ile birlikte sınırlı aralıklarda arazi çalışmalarına olanak tanır. İnceleme alanı civarındaki en büyük yükselti 2481 metre ile Kuzugölü, en düşük kot ise 1100 metre ile Dikkaya köyü yerleşim alanıdır. 2000 metrenin üzerindeki kotlarda yaylaları ile çevreye ayrı bir renk katan inceleme alanından bir görünüm Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



ŞEKİL: 2.2. Kiraz Mezrası Mevkiinden Mat Mezra ve Dik Yaylanın Genel Görünümü.

Balcılı cevherleşme sahası, 1/25.000 ölçekli Artvin F46-C3 paftasında yaklaşık olarak 12 km² alanı kapsar. Yusufeli ilçesinin 37 km kuzeybatısında yer alan inceleme alanı, arazi çalışmaları için fazla engebeli değildir. Kuzeybatıdan güneydoğuya akış yönlü Yağmurçay dere ile bu dereye Kuzeydoğu-Güneybatı akış yönlü katılan tali dereler, çalışma alanının en önemli akarsu sistemlerini teşkil ederler. Karadeniz kıyısından iç kesimlerde yeralan sahada bitki örtüsü, arazi çalışmaları için sorun yaratmaz. Sediman örneklemesine nispeten daha bol malzeme sağlayan dereler yaz aylarında kururlar. İnceleme alanında en büyük yükselti 2150 metre ile Onehatkar mahallesi, en düşük kot ise 1650 metre ile Yağmurçay mahallesidir. Şekil 2.3'de Balcılı köyünden genel bir görünüm yer almaktadır.



ŞEKİL: 2.3. Çalışma Alanı Balcılı Köyünden Genel Bir Görünüm.

BÖLÜM 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE UYGULANAN YÖNTEMLER

3.1. Balcılı Porfiri Bakır Sahasında Önceki Çalışmalar

Balcılı porfiri bakır sahasında ilk çalışmalar Birleşmiş Milletler - MTA ortak projesi kapsamında 1974 yılında başlatılmıştır (1974 a,b). Balcılı civarındaki Cu-Mo mineralizasyonunun jeolojik etüdleri, Kamitani ve Taloğlu tarafından yürütülmüştür. Araştırmacılar, Balcılı cevherleşmesinin üst kesimlerinin aşınmasından ötürü ikincil ve yüksek tenörlü bir cevherleşmenin bu sahada beklenemeyeceğini vurgulamışlardır (MTA Rapor No:8804).

KAHRAMAN ve diğerleri (1987), Bıçakcılar-Balcılı köyleri civarında 1/25.000 ölçekli jeoloji harita alımını müteakip, cevherli sahada birbirini kesen çok fazlı intrüzif kütlenin mevcut olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar granit, granodiorit ve kuvars diorit bileşiminde olan kayaçların yoğun hidrotermal ayrışmaya uğradıklarını ve granitlerde Cu-Mo cevherleşmesinin geliştiğine dikkat çekmişlerdir.

3.2. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasında Önceki Çalışmalar

Güzelyayla porfiri bakır sahasında yapılan önceki incelemeler sınırlı sayıdadır. Güzelyaylada maden prospeksiyonuna yönelik ilk ayrıntılı çalışma, MTA ve Japonların ortak olarak yürüttükleri bir proje kapsamında 1984-1986 yıllarında gerçekleştirilmiştir. (MTA Rapor No:8298). Jeolojik, Jeokimyasal, Jeofiziksel ve 20 civarında yapılan sondajlı çalışmalar sonucunda % 0.35 Cu tenörlü 188 milyon ton, % 0.30 Cu tenörlü 235 milyon ton

bakır rezervinin varlığı öne sürülmüştür.

Araştırmacılar, Üst Kretase yaşlı ve çok fazlı bir intrüzif yerleşim içinde cevherleşmenin altere porfiri granitlere bağlı olduğunu belirtmişlerdir. İnceleme alanın kuzeydoğusunda bulunan ve çalışma sahasının bir kısmını da kaplayan Kiraz mezrası mevkiinde yapılan bir çalışmada (MTA Rapor No:8405), Jeolojik ve toprak jeokimyası analiz verilerine göre ekonomik olmayan düzeyde Cu (10-40 ppm) ve Mo (1-4 ppm) değerlerinin varlığına dikkat çekilmiştir.

3.3. Arazi Çalışmaları

1990 yılı Temmuz-Ekim aylarında her iki inceleme sahasında jeoloji haritası alımı ve kayaç örneklemesi ile çalışma başlamıştır. Örnek alımı, hidrotermal alterasyon kuşaklarının belirlenmesi ve bu tür yataklarda çok fazda gelişen mağmatik getirimlerin bileşimsel değişimlerini belirleyebilmek amacı ile mümkün olduğunca sık aralıklarda gerçekleştirilmiştir.

Güzelyayla porfiri bakır sahasından toplam 180 kayaç numunesi 30 adet/km^2 örnekleme sıklığı ile alınmıştır. Balcılı porfiri bakır sahasından toplam 145 örnek 12 adet/km^2 örnekleme sıklığı ile derlenmiştir. Güzelyaylada yoğun bitki ve toprak örtüsünden dolayı numune alımı derelerden ve önceki yıllarda bu sahada sondaj çalışmaları için açılan yollardan ve sondaj lokasyonlarının civarından yapılmıştır. Her biri ortalama 1.5-2.0 kilogram ağırlığındaki kayaç örneklemesi yapılırken, sağlam görünümlü ve cevherli örneklerin aynı anda alınmasına özen gösterilmiştir. Balcılı porfiri bakır sahasının fazla engebeli olmaması ve nispeten daha az yoğunlukta bitki örtüsünün eşlik etmesi, daha homojen bir kayaç örneklemesine olanak tanımıştır.

3.4. Laboratuvar Çalışmaları

3.4.1. Optik Çalışmalar

Porfiri bakır yataklarında izlenen, dıştan içe doğru Propilitik ⟶ Fillik ⟶ ± Killeşme ⟶ Potasik alterasyon kuşaklarının mecudiyetini ve sınırlarını belirlemek amacı ile Güzelyayla mineralizasyon sahasından 170 Balcılı sahasından 140 numunenin ince kesiti yapıtırılmış ve incelenmiştir. Kayaçların mikroskop altındaki optik determinasyonları sonucunda Güzelyayla sahasından 33, Balcılı sahasından 30 adet sağlam kayaç örneği, kimyasal analizler için seçilmiştir. Plütonik karakterli Balcılı inceleme alanından 22 adet kayaç örneğinin modal analizi, mekanik nokta sayacıyla, her kesitte bin civarında nokta sayısına karşılık gelecek sıklıkta gerçekleştirilmiştir. Cevher mineralleri gözle ayırt edilebilecek düzeyde olan ve kimyasal analizlerde bazı elementler açısından (Au, Ag gibi) yüksek konsantrasyon gösteren, her iki mineralizasyon sahasından derlenen 50 adet kayaç örneğinin parlatılmış kesitleri yaptırılarak cevher minerallerinin tanımı, boyutu ve parajenezleri belirlenmiştir.

3.4.2. Kimyasal Analizler

Kimyasal analizi yapılacak numuneler 2 grupta toplanmıştır. Birinci grupta sağlam kayaç örnekleri asli ve iz element içeriklerinin tayini için, ikinci grupta cevherli numuneler iz element içeriklerinin saptanması amacı ile sınıflandırılmıştır. Cevhersiz sağlam kayaç örneklerinin asli element analizleri için her iki sahadan seçilen 63 örnek, önce çeneli kırıcıdan geçirilmiş daha sonra volfram karbit kaplı laboratuvar tipli diskli değirmende öğütülmüştür. 100 mesh'in altındaki numuneler etüvde $105^{o}C$ sıcaklıkta 1-2 saat bekletildikten sonra çözünleştirme işlemine hazır duruma getirilmiştir.

Balcılı ve Güzelyayla sahalarından alınan toplam 225 cevherli örnek iz element analizleri için benzer şekilde işlemlerden geçirilerek kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Hem yaptığımız analiz sonuçlarını karşılaştırmak hemde konsantrasyon açısından laboratuvar imkanlarımızda belirlenmesi zor olan bazı iz ve nadir toprak elementlerin miktarlarını saptamak amacı ile her iki sahadan derlenen toplam 60 örnek, Kanada'da ACME analitik Laboratuvarları Limited Şirketi'ne analiz ettirilmiştir. Tablo 3.1'de element analizlerinde takip edilen yöntemler ve kullanılan aletler gösterilmiştir. Analiz tekniği ile ilişkili gerekli bilgiler CHARLOT ve BÉZIER(1957) ve BÜRKÜT'ten (1986) alınmıştır. Balcılı ve Güzelyayla sahalarında, hidrotermal alterasyona bağlı olarak gelişmiş potasik kuşaktaki birincil ve ikincil biotitler ile söz konusu alanlarda yer alan kayaçlarda amfibol içeren örneklerin mikroprob analizleri, Şişe Cam Araştırma Merkezinde JEOL 733 (SEM) Superprob ile yapılmıştır. Parlatılmış ve karbon ile kaplanmış ince kesitlerden analiz sonuçlarının okunması, Enerji Dispersiv Spektrometre yöntemi ile (EDS) 25 kv ve 47.6 derece çalışma şartları altında gerçekleştirilmiştir.

TABLO: 3.1. Kimyasal Analizlerde Kullanılan Yöntemler ve Aletler.

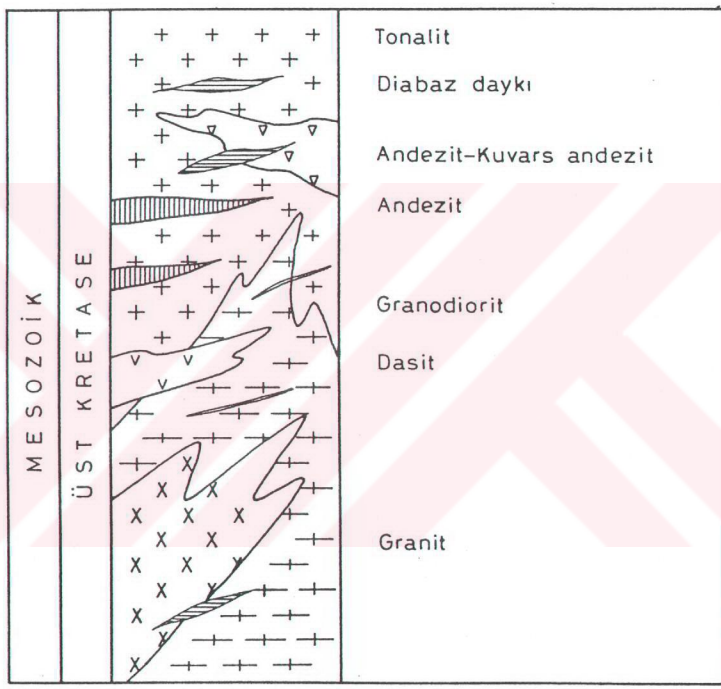
YÖNTEM	GRAVİMETRİK	VOLUMETRİK	SPEKTROFOTOMETRİK	ALEV FOTOMETRİK	ATOMİK ABSORBSİYON	ICP
KULLANILAN ALET			Spektorofometre	Alev fotometresi	Atomik Absorbsiyon	ICP Spektrometresi
ELEMENT	Silisyum(Si)	Demir(Fe^{+2})	Demir (Fe_{Toplam})	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Nikel (Ni)
			Alüminyum (Al)	Sodyum (Na)	Mangan (Mn)	Arsenik(As)
			Titanyum (Ti)	Potasyum (K)	Bakır (Cu)	Toryum (Th)
			Fosfor (P)	Stronsiyum (Sr)	Çinko (Zn)	Kadmiyum(Cd)
			Molibden (Mo)	Rubidyum (Rb)	Kurşun (Pb)	Antimuan (Sb)
				Baryum (Ba)	Gümüş (Ag)	Bizmut (Bi)
					Altın (Au)	Lantanyum (La)
						Tungsten (W)
						Zirkonyum (Zr)
						Yitrium (Y)
						Niobium (Nb)
						Selenyum(Se)
						Telluryum (Te)

BÖLÜM 4. LİTOSTRATİGRAFİ VE PETROGRAFİ

4.1. Balcılı Granitoidlerinin ve Yan Kayaçlarının Litostratigrafisi ve Petrografisi

Çalışma alanında birbirini kesen çok evreli intrüzif kütleler ile bunları kesen dasit, kuvars andezit, andezit, andezit-diabaz daykları ve kuvars damarları yer almaktadır(Şekil 4.1). Sahanın genelleştirilmiş litostratigrafi kesiti Şekil 4.2'de gösterilmiştir. İntrüzif kütleler genelde tonalit, granodiorit ve granit bileşimlidir. 22 adet kayaç örneğinin modal analiz sonuçları (Tablo 4.1) LE BAS ve STRECKEISEN(1991) tarafından önerilen QAP üçgen diagramında kuvars diorit'ten granitik alanının monzogranit alt bölümüne kadar değişim gösterir (Şekil 4.3.). Granodioritler daha geniş bir alanı kaplarlar. Yaşları için kesin bir veri yoktur. Birleşmiş Milletler Projesi kapsamında yürütülen araştırmalarda (1974 a,b), İspir Kuzeyindeki intrüzif kayaçların K/Ar yöntemine göre yapılan yaş tayinleri, Üst Jura-Alt Kretase zaman aralığını vermiştir.

KAHRAMAN ve diğ.(1987),Tatos batolitini oluşturan intrüzif kayaçları asit ve bazik karakterli olarak ikiye ayırmış ve arazi gözlemlerine dayanarak asit karakterli granit, granodiorit ve monzonit bileşimli kayaçların Üst Kretase, bazik karakterli diorit ve gabro bileşimli kayaçların ise Eosen veya daha genç yaşlı olabileceklerini belirtmiştir.



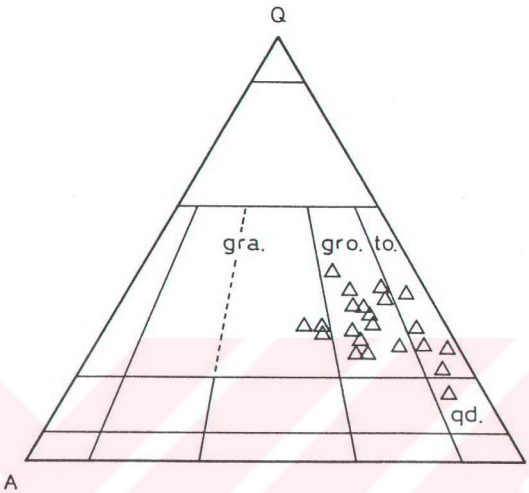
ŞEKİL: 4.2. Balcılı Cevherleşme Sahasının
Litostratigrafik Kesiti.

TABLO: 4.1. İnceleme Alanı Plütonik Kayaçlarının Modal Analiz Sonuçları.SAT:Doygunluk İndisi, COL: Renk İndisi, FELDS: Feldispat İndisi.

	Granit			Tonalit					Granodiorit		
	B118	B119	B135	B82	B127	B59	B126	B133	B129	B18	B32
Q	29.15	29.12	27.64	18.40	23.19	35.66	26.88	23.25	21.49	31.09	32.45
A	25.16	22.36	22.47	4.90	1.75	2.81	4.77	3.74	16.16	11.05	12.38
P	41.24	42.12	43.16	64.70	67.47	50.62	56.69	59.75	45.49	42.78	42.48
Bi	3.53	2.29	2.70	5.40	4.73	9.94	5.21	8.12	10.29	8.72	4.03
Hb	-	2.82	3.13	5.10	1.05	-	4.98	3.99	5.53	5.27	7.49
T	0.87	1.15	0.84	1.29	1.66	0.92	1.36	1.16	1.02	1.10	1.25
Toplam	99.90	99.86	99.94	99.79	99.85	99.95	99.89	100.01	99.98	100.01	100.08
Q	30.507	31.111	29.634	20.909	25.094	40.026	30.427	26.804	25.847	36.610	37.166
A	26.331	23.888	24.091	5.568	1.893	3.154	5.399	4.311	19.437	13.012	14.179
P	43.160	45.000	46.274	73.522	73.011	56.818	64.172	68.884	54.714	50.376	48.654
SAT	30.51	31.11	29.63	20.91	25.09	40.03	30.43	26.80	25.85	36.61	37.17
COL	4.45	6.40	6.73	12.00	7.59	10.91	11.66	13.26	16.86	15.08	12.69
FELDS	37.89	34.68	34.24	7.04	2.53	5.26	7.76	5.89	26.21	20.53	12.57

TABLO: 4.1. İnceleme Alanı Plütonik Kayaçlarının Modal Analizi Sonuçları. SAT:Doygunluk İndisi, COL: Renk İndisi, FELDS: Feldispat İndisi (Devamı).

	Granodiorit										Kuvars diorit
	B24	B39	B139	B36	B106	B28	B29	B19	B40	B4	B8
Q	35.38	22.96	26.35	36.18	22.98	33.69	20.77	29.29	41.77	24.48	11.76
A	6.25	7.92	10.79	4.47	14.14	10.79	14.06	10.37	12.82	15.25	5.96
P	50.02	54.13	45.83	47.44	45.02	38.83	47.07	44.33	35.34	41.34	68.39
Bi	2.10	10.38	12.10	6.48	13.50	9.72	13.50	4.03	3.10	9.03	1.10
Hb	5.10	3.60	2.79	4.97	2.07	6.03	4.43	10.59	5.98	8 . 47	10.49
T	1.12	0.99	1.93	0.44	2.26	0.92	1.18	1.38	0.96	1.44	2.28
Toplam	99.97	99.98	99.99	99.98	99.97	99.98	100.01	99.99	99.97	100.01	99.98
Q	38.603	27.002	31.758	41.071	27.976	40.439	25.360	34.873	46.447	30.196	13.656
A	6.819	9.314	13.004	5.074	17.214	12.951	17.167	12.346	14.255	18.810	6.921
P	54.577	63.683	55.236	53.854	54.808	46.609	57.472	52.780	39.297	50.992	79.421
SAT	38.60	27.00	31.76	41.07	27.98	40.44	25.36	34.87	46.45	30.19	13.66
COL	8.35	14.97	17.03	11.91	17.86	19.69	18.10	16.01	10.07	18.93	13.89
FELDS	11.11	12.76	19.06	8.61	23.90	21.74	23.00	18.96	26.62	26.95	8.02

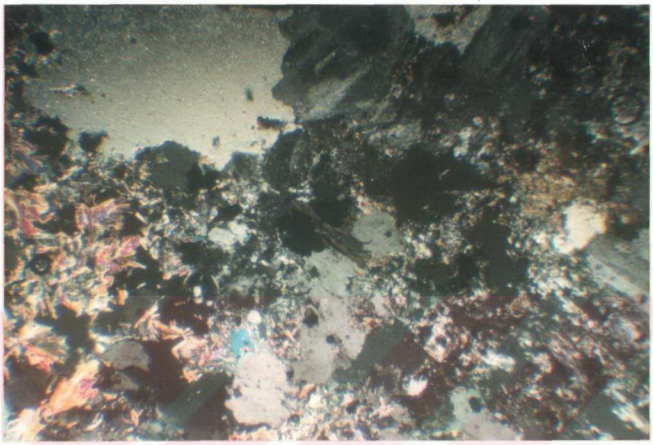


ŞEKİL: 4.3. Balcılı Granitodilerinin Modal Analiz Sonuçlarının LE BAS ve STRECKEISEN'in (1991) QAP Üçgen Diağramında Konumu. gra:Granit, gro:Granodiorit, to:tonalit, qd:Kuvars diorit.

4.1.1. Tonalit

Balcılı mahallesi, Pevzala mahallesi ve Karamanlar mahallesi civarında yüzeylerler (Şekil 4.1). Gri, yeşilimsi gri renklidirler. Kırıklı bir yapı sergilerler. Porfiri bakır yataklarında izlenen propilitik, fillik ve potasik kuşağa ait epidotlaşma, biotitleşme, serisitleşme piritleşme ve silisleşme türü alterasyonlar tonalit bileşimli kayaçlarda yaygın bir şekilde izlenir (Şekil 4.4). Dasit, andezit ve diabaz daykları ile kuvars damar ve damarcıkları tarafından kesilmişlerdir.

Mikroskobik incelemelere göre orta tanelidirler. Holokristalin faneritik dokuludurlar. Yarı öz şekilli plajyoklaz kristalleri An_{35-48} içeriği ile andezine karşılık gelir ve yer yer zonal yapı gösterir. Alterasyon ürünleri olarak serisitleşme ve epidotlaşma yaygınlık kazanmaktadır. Biotit, yarı öz şekilli kristaller şeklinde izlenir. Kızıl kahve renkli pleokroizma gösterirler. Kenarlardan itibaren kloritleşmişlerdir. Potasik alterasyondan etkilenimlerden ötürü zaman zaman buklet şeklinde ikincil biotitlere de rastlanır. Bu tür biotitler parlak sarı ve kırmızımtrak renklere sahip olup oldukça taze görünümlüdürler. Hornblend, öz ve yarı öz kristaller şeklinde gözlenir. Sarı,kahverengi ve yeşil pleokroizma renkleri sergilerler. Ekseriya ayrışarak klorit ve epidot'a dönüşmüşlerdir. Çok az oranda izlenen piroksen, genelde kenerlardan itibaren amfibol'e dönüşmüştür. K-feldispat'a az miktarda öz şekilsiz kristaller şeklinde rastlanır. Yer yer resorbe olmuş plajyoklaz lataları icerirler. Kuvars, az oranda öz şekilsiz kristaller şeklinde izlenir. Tonalit bileşimli kayaçlarda gözlenen silisleşmeden ötürü ikincil öz şekilsiz kuvars kristalleri de gelişmiştir. İkincil silisleşmeye bağlı, damarcıklar şeklinde bakır cevherleşmesine bu tür getirimlerde sık sık rastlanır. Opak mineraller fazlalık oranlarına göre pirit, manyetit ve rutildir. Tali mineral olarak sfen ve apatit daha yaygın bir şekilde izlenir.



ŞEKİL: 4.4. Plajyoklaz, Kuvars ve Opak Minerallerden Oluşan Tonalit. Fillik Alterasyon Etkisi ile Gelişen Serisitler Kesitin Sol Alt Köşesinde Yer Almaktadır (+Nx8).

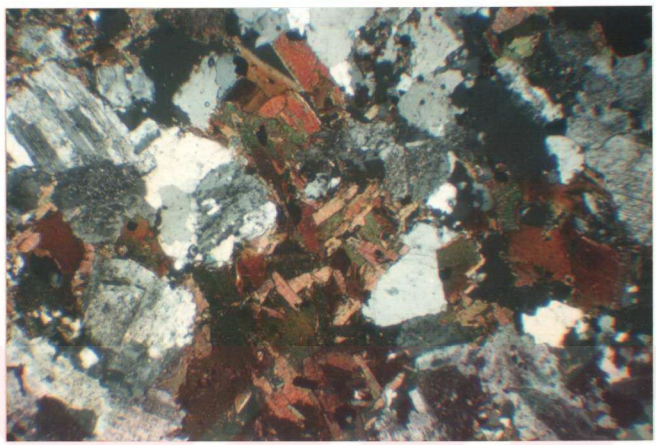
4.1.2. Granodiorit

Karamanlar mahallesinin güneyinde ve Yağmurçay mahallesi civarında yüzeylerler (Şekil 4.1). Açık gri ve yeşil renklidirler. Kırıklı bir yapı gösterirler. Orta tanelidirler. Holo kristalin faneritik dokulu granodioritler yer yer arenalaşmışlardır. Dasit, granit ve diabaz dayklarıtarafından kesilirler. Çetlak sistemleri boyunca yerleşen kuvars damar ve damarcıkları pirit ve molibdenit içerir. Birincil bakır minerallerinin oksidasyon zonu dönüşüm ürünleri olan malakit ve azurit yer yer kayaçları boyamıştır (Şekil 4.5).



ŞEKİL: 4.5. Granodioritlerde İzlenen Alterasyon Ürünü Malakit, Azurit ve Limonitleşme.

Hipidiomorf plajyoklaz kristalleri, An_{22-38} içeriği ile oligoklaz-andezine karşılık gelir. Kısmen serisitleşmişlerdir. Biotitler yarı öz kristaller şeklinde olup kızıl kahverenkli pleokroizma gösterirler. Bazen rutil iğnecikleri (venüs saçı) içerirler. Potasik kuşağa ait ikincil biotitler egemen bir şekilde izlenir (Şekil 4.6). Parlak sarı, açık kahve renkli pleokroizmaya sahiptirler. Hornblendler genelde yarı öz kristaller şeklinde olup biotit'e ve klorit'e dönüşmüşlerdir. Yeşil, kahverengi pleokroizma gösterirler. K-feldispat genelde ksenomorf kristaller şeklinde izlenir. Prit, öz şekilli manyetit, kalkopirit ve ilmenit başlıca opak mineralleri teşkil eder. Apatit ve zirkon tali mineral olarak kayacın bünyesinde yer alır.

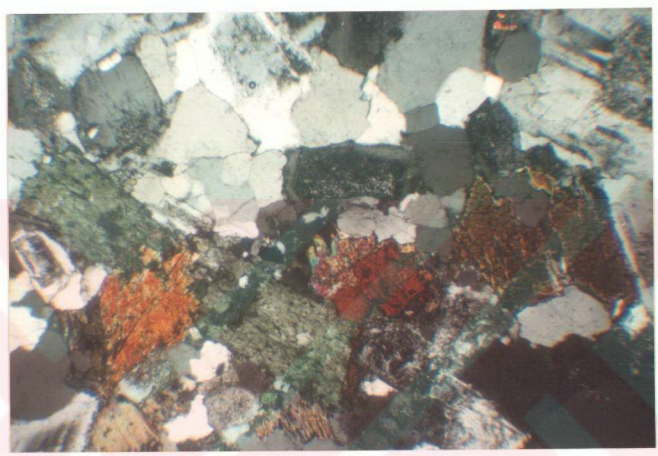


ŞEKİL: 4.6. Potasik Alterasyon Etkisi İle Granodiorit-lerde İzlenen Buklet Şeklinde İkincil Biotitler (+Nx8).

4.1.3. Granit

Yağmurçay mahallesi batısında yüzeyleyen granit bileşimli kayaçlar (Şekil 4.1), bej renklidirler. Nispeten az kırıklı ve sağlam görünümlüdürler. Holokristalin, faneritik ve eşgranüler dokuludurlar (Şekil 4.7). Granodioritlerle olan dokanağı belirgin değildir. Diabaz ve andezit dayklarıtarafından kesilmişlerdir. Yarı öz şekilli plajyoklaz kristalleri An_{12-16} içeriği ile oligoklaz'a karşılık gelir. Alterasyondan fazla etkilenmemişlerdir. Ancak yer yer serisite dönüşümler izlenmektedir. Biotit, yarı öz şekilli kristaller formunda olup parlak kırmızımtrak kahverengi pleokroizma gösterirler. Hornblend, öz ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde izlenip sarı, yeşil pleokroizma gösterirler. K-feldispat

ve kuvars öz şekilsiz kristaller şeklinde izlenirler. Opak mineral olarak pirit, manyetit ve molibdenit içerirler. Tali minerallerden epidot, allanit, zirkon ve apatite rastlanır.

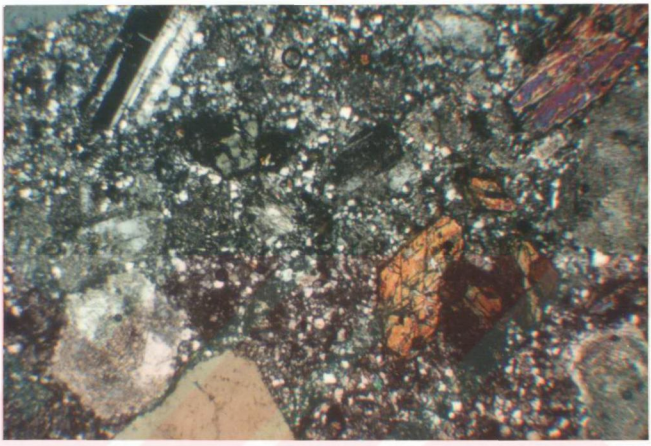


Şekil: 4.7. Propilitik alterasyon Zonu İçinde Yer Alan Granitlere Ait Kesit Görünümü (+Nx8).

4.1.4. Dasit

Hüsegar mahallesi civarında yüzeylerler. Yeşil renkli ve oldukça kırıklı bir yapıya sahiptirler. Kırıklanma yüzeyleri boyunca sıvamalar şeklinde kalkopirit içerirler. Birincil bakır minerallerinin ayrışması ile oluşan malakitler yer yer dasitleri boyamıştır. Plajyoklaz ve kuvarslardan müteşekkil olan hamur, kayaca felsitik doku görünümü sağlamıştır (Şekil 4.8). Öz ve yarı öz şekilli hornblend kristalleri kahverengimsi sarı ve yeşil

pleakroizma renkleri sergilerler. Yer yer kenarlardan itibaren klorit ve epidot'a dönüşmüşlerdir.

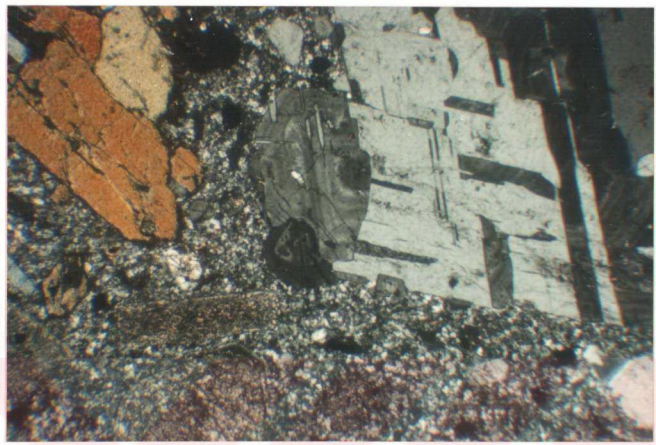


ŞEKİL: 4.8. Kuvars, Plajyoklaz ve Hornblend'ten Oluşan Felsitik Dokulu Dasit(+Nx8).

Plajyoklaz lataları An_{28-39} içeriği ile oligoklaz-andezin'e tekabül eder. Bazen serisit ve epidot'a dönüşümler izlenir. Kuvars yarı öz kristaller şeklinde matris içinde yer alır. Opak mineral olarak kalkopirit,pirit ve manyetit, tali mineral olarak apatit ve epidot bulunur.

4.1.5. Andezit-Kuvars Andezit

Balcılı mahallesinin güney doğusunda yüzeylerler. Açık yeşil ve gri renklidirler. Çatlaklı yapı gösterirler. Porfiritik ve felsitik dokulu kayaçlar (Şekil 4.9) kuvars içeriğinin artması ile kuvars andezitlere geçiş gösterirler. Diabaz daykları tarafından kesilmişlerdir.



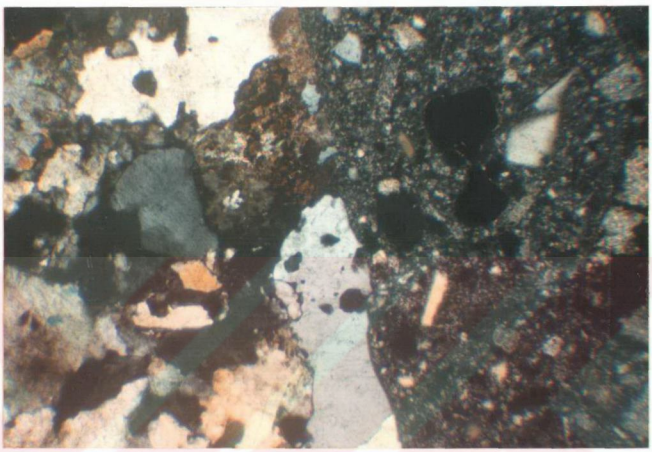
ŞEKİL: 4.9. Plajyoklaz Kombine İkizine Sahip Felsitik Dokulu Andezit (+Nx8).

Yarı öz şekilli hornblend kristalleri sarı, kahverengi pleokroizma renklerine sahiptir. Zonal yapı gösteren plajyoklazlar yarı öz kristaller şeklinde izlenirler. An_{34-42} içeriği ile andezine tekabül eden plajyoklazlar albit ikizinin yanı sıra bazen perikilin ikizine de sahiptirler. Yer yer serisit ve epidot'a dönüşmüşlerdir. Opak mineraller pirit ve manyetit, tali mineraller sfen ve apatit'ten ibarettir.

4.1.6. Andezit ve Diabaz Daykları

Andezit daykları, Balcılı ile Hüsegar mahallesi arasında bir kaç metre genişliğinde izlenir. Koyu yeşil renklidirler. İçlerinde granit anklavları bulunur (Şekil 4.10). Tonalit bileşimli kayaçları keserler. Mikroporfiritik dokuya sahiptirler. Alterasyon etkisi ile hemen hemen tüm ferromagnezyen mineralleri ayrışmıştır. Yarı

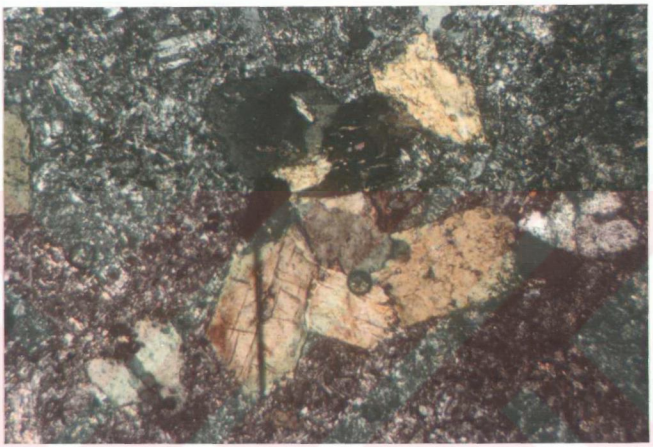
öz şekilli plajyoklaz kristalleri serisit ve epidot'a dönüşmüştür.



ŞEKİL: 4.10. Granit Anklavı İçeren Mikroporfiritik Dokulu Andezit (+Nx8).

Yer yer ksenomorf kuvars kristalleri gözlenir. Kayacın bünyesinde bulunan başlıca opak mineral pirittir. Yağmurçay mahallesinin batısında granodiorit ve granitler daha ufak boyutlu andezitik dayklar tarafından kesilmişlerdir. Balcılı ve Hüsegar mahallesi civarındaki andezitik dayklara oranla nispeten daha taze görünümlüdürler. Koyu gri ve koyu yeşil renkli olan kayaçlar dokusal açıdan da farklılıklar sergilerler. Öz, yarı öz şekilli hornblend kristalleri plajyoklaz mikrolitleri, klorit ve kısmen de kalsit'ten müteşekkil hamur malzemesi içinde bir arada kümelenerek kayaca glomeroporfiritik doku karakteri sağlarlar (Şekil 4.11). İnceleme alanı içinde yer alan ve özellikle Balcılı mahallesinin Güneydğusunda

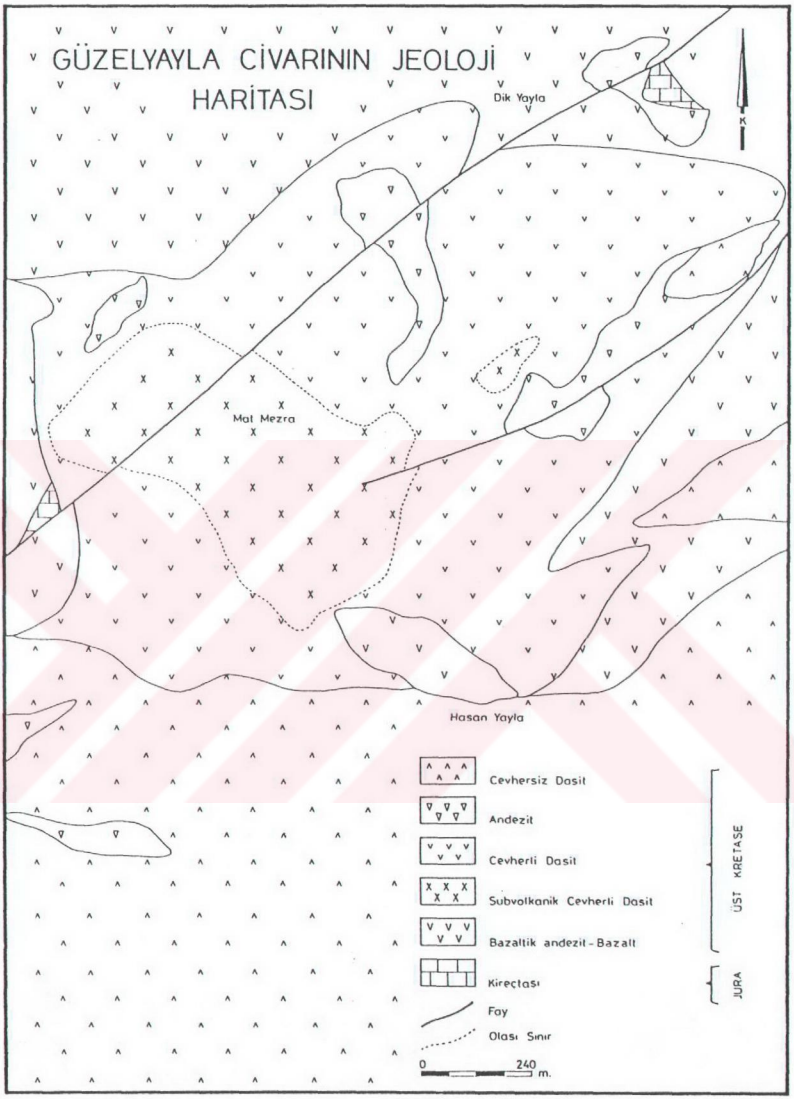
tonalit ve andezitleri 1-2 metre kalınlıkta kesen yeşil renkli diabaz daykları, çoğunlukla tanınmayacak düzeyde altere olmuşlardır.



ŞEKİL: 4.11. Glomeroporfiritik Dokulu Andezit Daykına Ait Kesit Görünümü(+Nx20).

4.2. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasının Litostratigrafisi ve Petrografisi

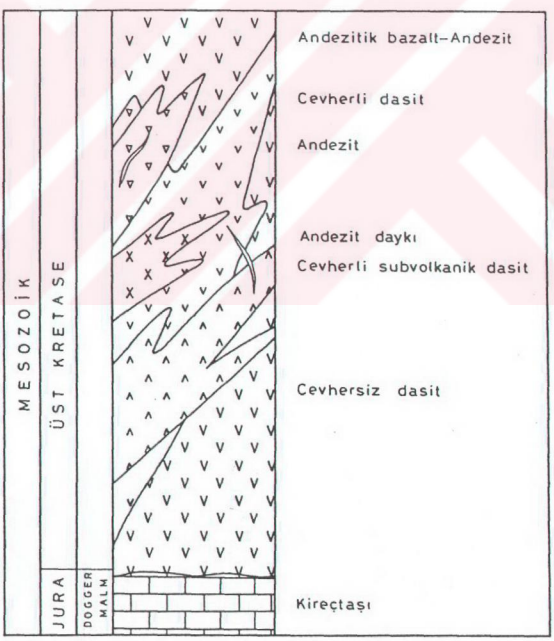
İnceleme alanında Üst Kretase yaşlı birbirini kesen volkanik ve Subvolkanik kayaçlar yer alır (Şekil 4.12). Volkanik kayaçlar bazaltik andezit , traki andezit, andezit ve dasit, subsvolkanik kayaçlar ise dasit bileşimlidir. Çalışma alanı ile ilişkili genelleştirilmiş litostratigrafik kesit Şekil 4.13 'de gösterilmiştir. Kuzeyden Güneye doğru bazikten asite doğru bir kimyasal spektrum değişimi sunan kayaçların tane boyutları da buna bağlı olarak tedrici bir artış kaydeder.



ŞEKİL: 4.12. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasının Jeoloji Haritası.

4.2.1. Kireçtaşı

Gümüşhane-Kuşakkaya çevresinde tipik olarak izlendiğinden, Kuşakkaya formasyonu olarak adlandırılmıştır. (MTA Rapor No: 8405). Jura-Alt Kretase yaşlı birim, çalışma sahasında faylanmaya bağlı olarak Kiraz mezrası ve Dik yaylanın doğusunda bir kaç metrelik mostralar şeklinde izlenirler. Beyaz, gri renkli olup tabakalaşma sergilemezler. Dikyayla'nın doğusunda gözlenen kireçtaşı, MTA ve Japonların ortak proje kapsamında yürüttükleri sondaj faaliyetleri için yol yapımı çalışmalarında ortaya çıkmış olup muhtemelen rejyonal metamorfizmadan ötürü rekristalize olmuşlardır.



ŞEKİL: 4.13. Güzelyayla Cevherleşme Sahasının Litostratigrafik Kesiti.

Mağmatik getirimlerin söz konusu kayaçlarda skarnlaşma zonu yarattığı müşahede edilmemiştir. Rekristalize kireçtaşlarının kontağında 10-15 cm. kalınlığında düzensiz malakit cevherleşmeleri izlenmektedir.

4.2.2. Andezit ve Bazaltik Andezit

Güzelyayla, Kiraz mezra ve Dikyayla civarında yüzeyler koyu gri ve koyu yeşil renklidirler. Kuşakkaya formasyonu üzerine aşınma uyumsuzluğu ile yer alırlar (MTA Rapor No.8405). Bazalt, bazaltik andezit, andezit ve traki andezit bileşimlidirler. Cevherli dasit, andezit, cevhersiz dasit ve andezit daykları tarafından kesilmişlerdir. Alterasyon etkisi ile kloritleşmiş, epidotlaşmış ve serisitleşmişlerdir. Plajyoklazlar hamurda mikrolitler şeklinde izlenir. Plajyoklaz lataları A_{40-52} içeriği ile andezin-labrador'a tekabül eder. Bazik karakterli plajyoklaz mikrolitleri yer yer klorit ve kalsit'e dönüşmüştür. Porfiritik, pilotaksik ve glomeroporfiritik doku sergilerler (Şekil 4.14.a,b). Opak mineral olarak pirit, kalkopirit ve manyetit içerirler.

4.2.3. Cevherli Dasit

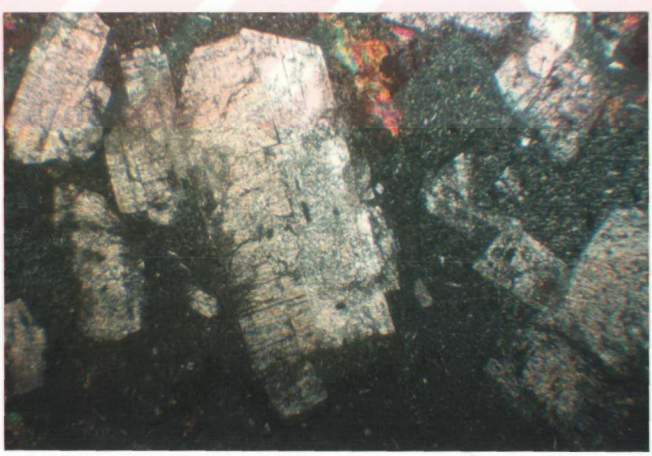
Mat mezra, Kiraz mezra, Dik yaylanın güneyi ve Hasan yayla'nın kuzeyinde yer alırlar. Açık gri ve yeşil renklidirler. Porfiritik dokuya sahip olan cevherli dasitler andezit, bazaltik andezit ve cevhersiz dasitler tarafından kesilirler. Mat mezra civarında porfiritik ve felsitik dokulu subvolkanik cevherli dasitlere eşlik ederler. Cevherli dasitler, Mat mezra civarında yaygın bir silisleşmeye uğramışlardır. Birbirini kesen bir kaç evreli silisleşme, aynı zamanda mikro damarcıklar şeklinde kalkopirit cevherleşmesine de yol açmaktadır (Şekil 4.15). Dissemine ve damarcık şeklinde kalkopirit

ve molibdenit cevherleşmesi Hasan Dere'de yaygın bir şekilde izlenir. Şekil 4.16'da Hasan dere'de cevherli

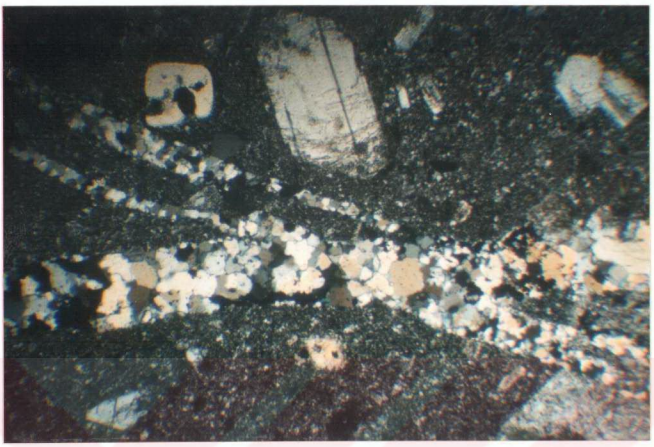
(a)



(b)



ŞEKİL: 4.14. a) Glomeroporfiritik Doku Sergileyen Bazaltik Andezit (+Nx20).
b) Porfiritik Dokulu Traki Andezit (+Nx20).

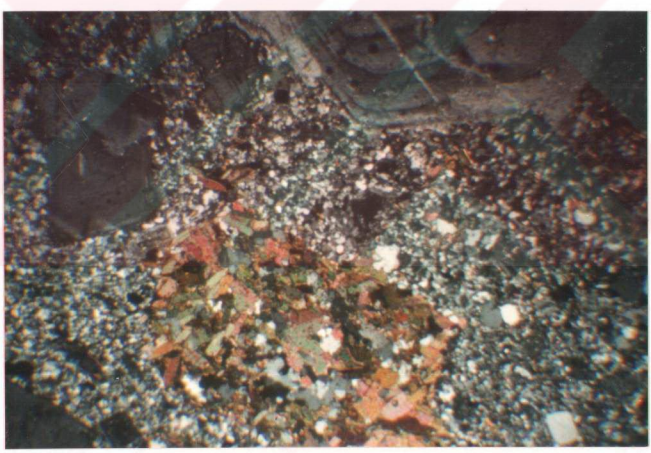


ŞEKİL: 4.15. Cevherli Dasitlerde İzlenen Silisleşme ve Buna Bağlı Mikro Damarcıklar Şeklinde Gelişen Bakır Cevherleşmesi (+Nx8).



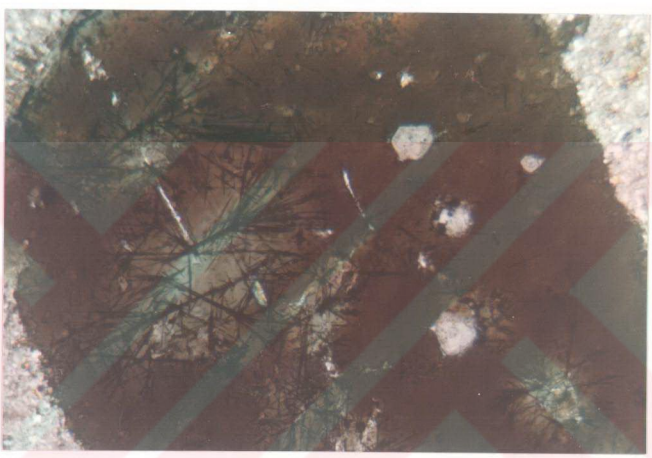
ŞEKİL: 4.16. Çatlaklı Yapıya Sahip Cevherli Dasitlerde Gelişen Molibdenit Cevherleşmesi.

dasitlerde gelişen Kuzeybatı-Güneydoğu yönlü çatlaklar boyunca izlenen ve yaklaşık olarak 1cm. kalınlığa ulaşan molibdenit cevherleşmesi görülmektedir. Molibdent, çatlaklar içindeki kuvars damarları içinde yer alır. Öz şekilli ve yarı öz şekilli plajyoklaz kristalleri çoğunlukla normal zonal yapı sergileyip, An_{25-32} içerikleri ile oligoklaz-andezin'e karşılık gelirler. Az oranda da olsa serisitleşmenin izlerini taşırlar. Öz ve yarı öz şekilli hornblend kristalleri sarı, yeşil ve kahverengi pleokroizma gösterirler. Kenarlarından itibaren yer yer klorit'e dönüşmüşlerdir. Potasik zonda hidrotermal alterasyon etkisi ile bukletler şeklinde ve çoğunlukla da orijinal kristal sınırlarını koruyarak biotit'e dönüşmüşlerdir (Şekil 4.17).



ŞEKİL: 4.17. Subvolkonik Cevherli Dasitlerde Potasik Alterasyon Etkisi İle İdiomorf Amfibol Kristalinin İkincil Biotit'e Dönüşmesi (+Nx8).

Öz ve yarı öz şekilli biotit kristalleri kahverengi ve sarı pleokroizma renkleri gösterirler. Yer yer yaygın bir şekilde klorit'e dönüşmüşlerdir. İnklüzyon şeklinde plajyoklaz, apatit ve zirkon içerirler. Bir kaç kesitte rutil iğneciklerinin (venüs saçı) varlığı müşahade edilmiştir (Şekil 4.18).

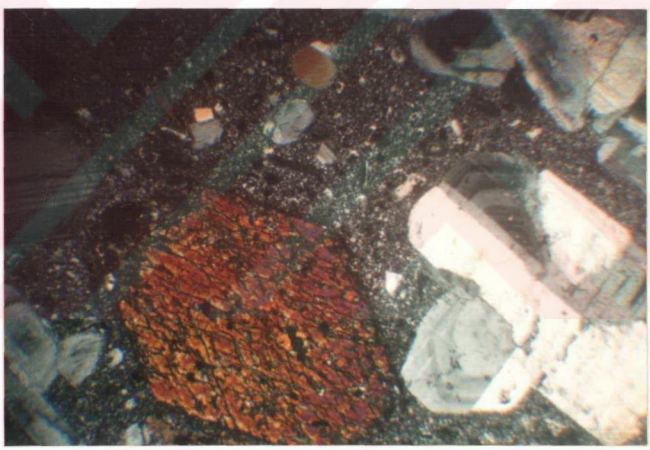


ŞEKİL: 4.18. Rutil İğnecikleri (Venüs saçı) İçeren İnklüzyonlu Biotit (+Nx20).

Kuvars yarı öz şekilli, öz şekilsiz ve çoğunlukla resorbe olmuş kristaller şeklinde izlenir. Silisleşmiş kuvars damarcıkları bazen dalgalı yanıp sönmeler arz ederler. Opak mineraller pirit, öz şekilli manyetit, kalkopirit, molibdenit, ilmenit ve alterasyon sonucu manyetitlerin etrafında gelişen demir oksitlerdir. Apatit, zirkon ve sfen tali mineral olarak kayacın bünyesinde yer alırlar.

4.2.4. Andezit

Mat mezranın kuzeydoğusunda ve Mat derede cevherli dasitler içinde izlenirler. Açık gri ve yeşil renkli olup porfiritik doku gösterirler (Şekil 4.19). 1-2 metre genişliğinde koyu gri ve siyah renkli andezit daykları tarafından kesilen kayaçlar, porfiri bakır yataklarında gözlenen ve cevherleştirici solüsyonların yarattığı potasik kuşağın etkilerinden yok denecek kadar az oranda etkilenmişlerdir. Öz şekilli ve yarı öz şekilli plajyoklaz kristalleri genellikle zonal yapı sergiler.



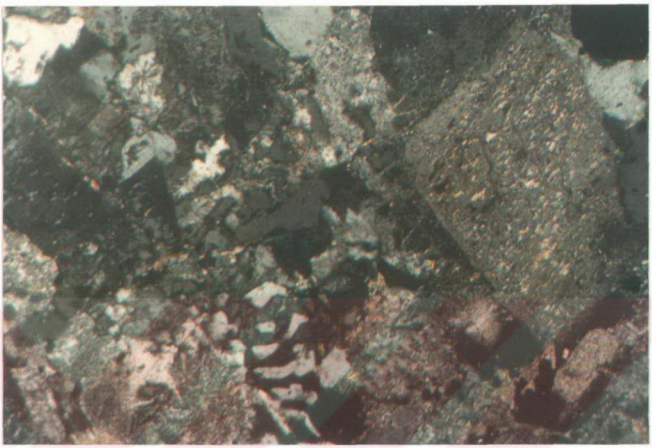
ŞEKİL: 4.19. Penetrasyon İkizi Gösteren Porfiritik Dokulu Andezit (+Nx8).

An_{32-40} içeriği ile andezine karşı gelen plajyoklazlar yer yer serisitleşmişlerdir. Öz şekilli hornblend kristalleri kırmızımsı sarı, yeşil pleokroizma renkleri gösterirler. Bazen kenarlardan itibaren krolit'e dönüşmüşlerdir. kuvars yarı öz şekilli, öz şekilsiz ve

çoğunlukla da resorbe olmuş formlarda izlenir. Opak minerallerden pirit ve manyetit'e rastlanır. Tali mineral olarak zirkon ve apatit'i kapsamlarında bulundururlar.

4.2.5. Cevhersiz Dasit

İnceleme alanı içinde Hasanyayla civarında yüzeylerler. Açık yeşil ve pembe renklidirler. Porfiritik dokulu kayaçlar Dik yayla'nın güneydoğunusda cevherli dasitleri kestiği gözlenmiştir. Arazi gözlemleri, söz konusu kayaçların cevherli dasitlerden sonra yerleştiğini ortaya koyar. Hidrotermal solüsyonların dolaşımına bağlı olarak cevherleşmenin gözlenmemesi ile cevhersiz dasit olarak adlandırılmıştır. Ancak yüzeysel suların etkisi ile yoğun bir şekilde altere olmuşlardır. Plajyoklaz ve K-feldispatlar yer yer tümüyle serisitleşmiş ve epidotlaşmıştır. Ferromağnezyen minerallerin hemen hemen tümü klorit ve epidot'a dönüşmüştür. Cevhersiz dasit başlığı altında toplanan kayaçlar yer yer subvolkanik ve derinlik kayacı görünümü ile granodiorit ve adamellit'lere geçiş gösterirler. Bu hali ile kayaçlarda granofirik doku egemen bir şekilde izlenir (Şekil 4.20). Kuvars genelde ksenomorf ve resorbe olmuş formlarda izlenir. Öz şekilli ve yarı öz şekilli manyetit, opak mineral olarak matrikste yer alır. Apatit ve Zirkon'a tali mineral olarak tesadüf olunur.



ŞEKİL: 4.20. Subvolkanik-Derinlik Geçişi Sergileyen Granodiorit-Adamellit Bileşimli Kayaçlarda Gelişen Granofirik doku (+Nx8).

BÖLÜM 5. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

5.1. Balcılı Granitoidlerinin Asli Element Jeokimyası

Mikroskopik determinasyonlar sonucu, jeokimyasal değerlendirilmelerde kullanılmak üzere saptanan 33 adet kayaç örnekleme haritası Şekil 5.1'de, bunlara ait asli element jeokimyasal analiz sonuçları ise C.I.P.W.normları ile birlikte Tablo 5.1'de gösterilmiştir. Bu veriler, kimyasal analiz sonuçlarından teşkil edilen ve katyonik değerlere göre oluşturulan De la ROCHE'un(1980) R_1-R_2 diağramında granodiorit-tonalit ve DEBON ve LE FORT'un(1982) P-Q diagramında ise adamellit-granodiorit tonalit alanında yayılım gösterirler.

Mineralizasyon sahalarında sıkça karşımıza çıkan önemli sorunlardan biri, ana ve yan kayaçların da hidrotermal etkilere maruz kalması ve çoğu kez bunların tanınmayacak kadar etkilenmeleridir. 140'ın üzerinde incelenen kayaç kesiti sonucunda 33 adet örneğin kimyasal analiz için uygun olduğu belirlenmiştir. Sahanın bir cevherleşmeye eşlik etmesi, alınan örneklerin bir kısmında söz konusu etkilerin izleri muhafaza edilmiştir. Bir ölçüde bu etkilerin miktarını tayin etmek amacıyla HUGHES'ın(1973) geliştirdiği ve alkali haraketlilik ile ilişkili $K_2O/(K_2O+Na_2O)100$'e karşı K_2O+Na_2O diağramı, MACLEAN ve HOY(1991) tarafından değiştirilmiş formu olan serisitleşme indeksi ile birlikte gözden geçirilmiştir. Verilerin grafiğe işlenmiş durumu Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Bu diağrama göre örneklerin % 85'i mağmatik spektrum içinde yer alır. Diğer bir ifade ile kimyasal

TABLO: 5.1. Balcılı Granitoidlerinin Asli Element Kimyasal Analiz Sonuçları ve C.I.P.W. Normları.

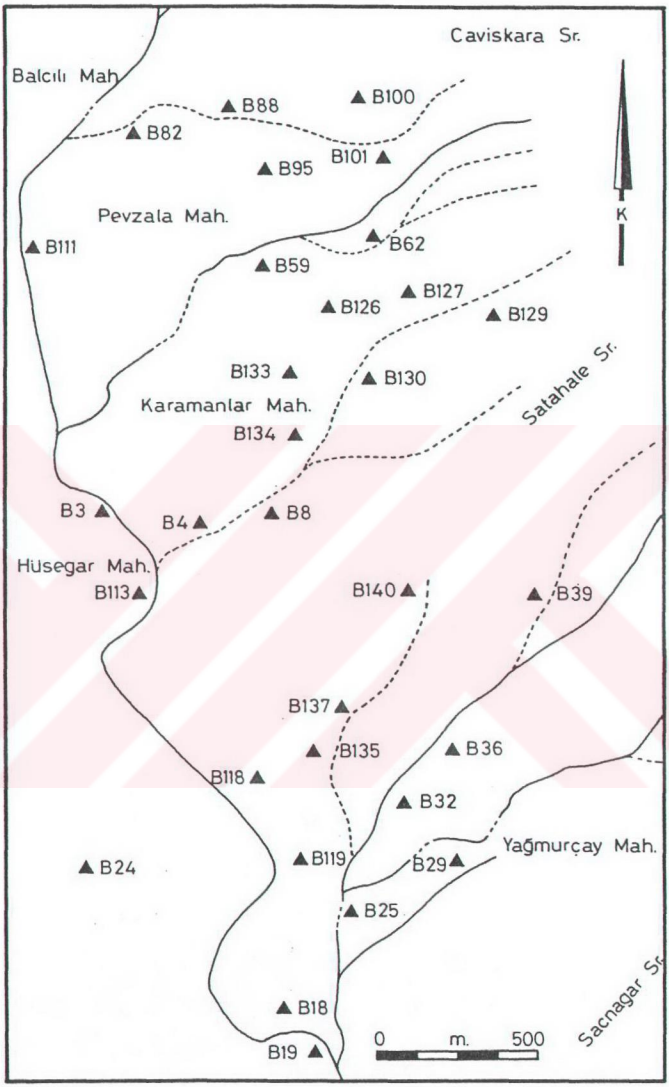
	B82	B25	B119	B113	B19	B118	B101	B8	B137	B133	B134
SiO_2	66.50	69.96	69.40	65.48	69.70	67.20	63.50	68.70	69.08	64.84	67.04
TiO_2	0.24	0.31	0.35	0.40	0.32	0.36	0.34	0.42	0.30	0.35	0.43
Al_2O_3	14.18	14.50	13.75	15.09	13.36	14.70	15.85	14.90	13.53	16.98	14.55
Fe_2O_3	3.38	2.02	2.21	1.57	3.38	2.07	3.69	2.52	2.03	3.12	4.43
FeO	1.68	1.81	1.80	2.40	1.08	2.16	1.44	1.20	1.80	1.08	1.12
MnO	0.04	0.08	0.09	0.05	0.10	0.06	0.09	0.04	0.07	0.10	0.09
MgO	2.16	1.69	1.48	1.26	1.07	1.82	1.95	2.34	1.26	1.82	1.72
CaO	3.92	1.95	3.66	4.49	2.75	3.10	5.49	2.24	3.00	5.90	2.38
Na_2O	3.42	3.25	3.99	3.70	3.66	3.41	3.69	3.39	2.86	3.16	3.25
K_2O	1.76	2.89	3.02	1.33	3.01	2.60	0.90	1.75	2.94	0.60	1.99
P_2O_5	0.09	0.10	0.08	0.11	0.05	0.08	0.08	0.09	0.07	0.13	0.15
H_2O	1.67	0.85	0.53	2.15	0.75	1.51	1.93	0.90	1.60	1.15	1.23
Toplam	99.04	99.41	100.36	98.03	99.23	99.07	98.95	98.49	98.54	99.23	98.38
					C.I.P.W. Normları						
Q	28.66	33.00	25.83	26.72	30.02	27.48	24.73	34.25	32.47	29.18	33.28
C	0.00	2.72	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	3.57	0.35	0.72	3.08
Or	10.40	17.08	17.85	7.86	17.79	15.36	5.32	10.34	17.43	3.55	11.76
Ab	28.94	27.50	33.76	31.31	30.91	28.85	31.22	28.68	24.20	26.74	27.50
An	18.14	9.02	10.69	20.64	11.14	14.86	24.08	10.52	14.43	28.42	10.83
En	5.38	4.21	3.69	3.14	2.66	4.53	4.86	5.83	3.14	4.53	4.28
Fs	0.00	1.29	1.07	2.54	0.00	1.77	0.00	0.00	1.26	0.00	0.00
Mt	4.85	2.93	3.20	2.28	2.88	3.00	3.95	2.78	2.94	2.79	2.66
Il	0.46	0.59	0.66	0.76	0.61	0.68	0.65	0.80	0.57	0.66	0.82
Ap	0.21	0.24	0.19	0.26	0.12	0.19	0.19	0.21	0.17	0.31	0.36
Di	0.60	0.00	0.79	0.77	1.82	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00

TABLO: 5.1. Balcılı Granitoidlerinin Asli Element Kimyasal Analiz Sonuçları ve C.I.P.W.Normları (Devamı).

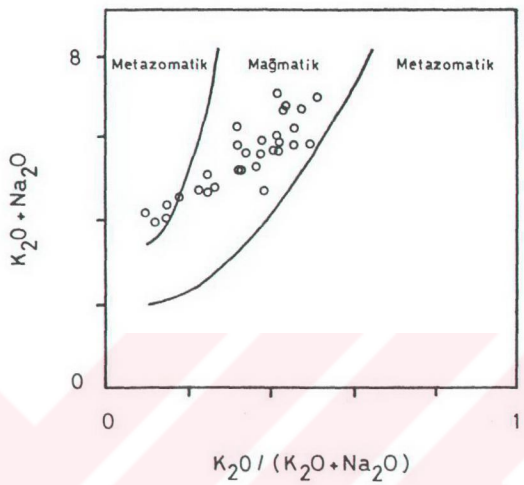
	B135	B126	B129	B36	B62	B130	B18	B95	B127	B32	B4
SiO_2	70.20	63.88	64.48	70.60	68.70	65.10	70.04	64.80	64.52	69.92	67.18
TiO_2	0.31	0.25	0.27	0.30	0.27	0.10	0.24	0.18	0.61	0.31	0.35
Al_2O_3	13.80	16.09	17.19	14.80	14.93	15.93	14.97	15.52	15.30	14.15	15.81
Fe_2O_3	3.30	1.80	2.10	1.83	2.01	3.85	1.94	3.38	3.12	3.80	3.45
FeO	1.00	2.52	1.93	1.81	1.80	1.92	1.70	2.04	2.05	1.44	1.44
MnO	0.06	0.14	0.06	0.06	0.05	0.20	0.12	0.20	0.11	0.07	0.13
MgO	2.31	4.97	2.32	1.49	1.82	2.49	1.49	2.33	2.35	1.49	2.16
CaO	1.18	3.92	4.48	0.75	2.10	5.32	1.55	3.50	5.60	2.24	1.30
Na_2O	3.26	3.59	3.39	3.26	3.59	3.25	3.39	3.40	3.40	3.19	3.40
K_2O	3.65	0.84	0.54	2.37	1.95	0.70	3.25	1.33	0.61	2.41	2.17
P_2O_5	0.13	0.12	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	0.11	0.12	0.10
H_2O	0.68	0.63	1.45	1.68	1.35	0.55	0.57	1.40	0.83	0.70	1.23
Toplam	99.88	98.75	98.29	99.02	98.65	99.49	99.33	98.14	98.61	99.84	98.72
					C.I.P.W. Normları						
Q	31.67	22.96	29.19	38.29	32.78	28.38	31.93	28.66	27.56	35.46	33.38
C	2.65	2.44	3.08	5.68	3.29	0.35	3.23	2.27	0.00	2.51	5.74
Or	21.57	4.96	3.19	14.00	11.52	4.14	19.20	7.86	3.60	14.24	12.82
Ab	27.58	30.38	28.68	27.58	30.38	27.50	28.68	28.77	28.77	26.99	28.77
An	5.00	18.66	21.70	3.26	9.90	25.87	7.23	16.97	24.68	10.33	5.80
En	5.75	12.38	5.78	3.71	4.53	6.20	3.71	5.80	5.85	3.71	5.38
Fs	0.00	2.99	1.47	1.43	1.29	0.55	1.35	1.03	0.38	0.00	0.00
Mt	2.52	2.61	3.04	2.65	2.91	5.58	2.81	4.90	4.52	3.97	4.05
Il	0.59	0.47	0.51	0.57	0.51	0.19	0.46	0.34	1.16	0.59	0.66
Ap	0.31	0.28	0.19	0.17	0.19	0.19	0.17	0.14	0.26	0.28	0.24
Di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	0.00	0.00

TABLO: 5.1. Balcılı Granitoidlerinin Asli Element Kimyasal Analiz Sonuçları ve C.I.P.W.Normları (Devamı).

	B88	B29	B63	B24	B39	B111	B59	B3	B100	B26	B140
SiO_2	63.26	70.12	66.76	69.54	69.76	62.84	64.30	66.50	67.45	56.36	66.78
TiO_2	0.42	0.31	0.25	0.32	0.25	0.27	0.31	0.43	0.57	0.52	0.20
Al_2O_3	14.83	14.64	14.71	13.25	13.98	14.55	16.97	13.71	14.79	17.86	13.97
Fe_2O_3	1.13	1.89	2.95	1.72	2.15	3.16	2.33	2.90	3.82	4.89	4.55
FeO	4.40	1.69	1.56	1.56	1.45	1.57	1.90	1.70	1.80	1.92	1.32
MnO	0.12	0.06	0.13	0.03	0.11	0.14	0.16	0.18	0.11	0.24	0.14
MgO	3.15	1.66	1.22	1.02	3.31	1.77	1.55	1.94	1.16	2.66	2.98
CaO	5.04	1.85	2.83	2.59	1.97	3.94	5.53	3.46	4.48	6.12	2.80
Na_2O	3.59	3.39	3.42	3.67	3.25	3.82	3.56	2.83	3.66	4.08	3.25
K_2O	0.72	2.59	1.25	2.95	2.53	1.92	1.15	1.88	0.48	2.05	2.41
P_2O_5	0.13	0.14	0.09	0.06	0.08	0.07	0.17	0.09	0.10	0.19	0.08
H_2O	1.08	0.65	2.10	1.15	0.75	2.55	1.10	2.20	0.43	1.65	1.33
Toplam	97.87	98.99	97.27	97.86	99.59	96.50	99.03	97.82	98.85	98.54	99.81
					C.I.P.W. Normları						
Q	21.87	33.93	34.34	29.89	31.94	22.83	24.90	32.64	33.28	9.27	28.44
C	0.00	3.23	2.80	0.00	2.51	0.00	0.22	0.94	0.34	0.00	1.12
Or	4.25	15.30	7.39	17.43	14.95	11.35	6.80	11.11	2.84	12.11	14.24
Ab	30.38	28.68	28.94	31.05	27.50	32.32	30.12	23.94	30.97	34.52	27.50
An	22.22	8.26	13.45	10.97	9.25	16.88	26.32	16.58	21.57	24.36	13.37
En	7.84	4.13	3.04	2.54	8.24	4.41	3.86	4.83	2.89	6.62	7.42
Fs	6.68	1.14	0.26	0.97	0.68	0.09	1.35	0.35	0.00	0.00	0.00
Mt	1.64	2.74	4.28	2.49	3.12	4.58	3.38	4.20	4.51	5.46	4.13
Il	0.80	0.59	0.47	0.61	0.47	0.51	0.59	0.82	1.08	0.99	0.38
Ap	0.31	0.33	0.21	0.14	0.19	0.17	0.40	0.21	0.24	0.45	0.19
Di	1.61	0.00	0.00	1.24	0.00	1.84	0.00	0.00	0.00	3.97	0.00



ŞEKİL: 5.1. Tablo 5.1'deki Kayaç Örneklerinin Örnekleme Haritası.

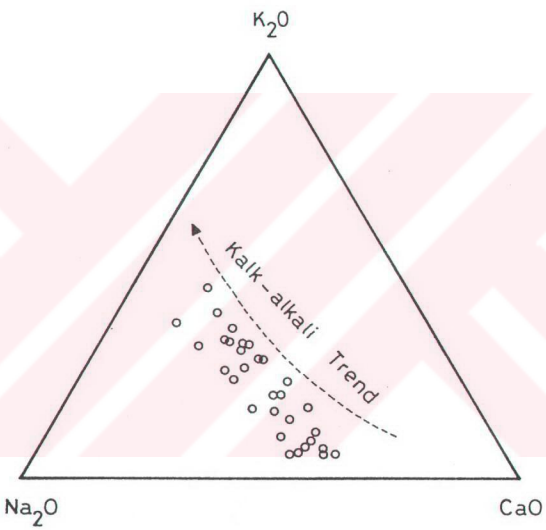


ŞEKİL: 5.2. Balcılı Mağmatik Kayaçlarının HUGHES (1973) ve MACLEAN ve HOY'un(1991) Mağmatik Spektrum Diağramında Dağılımı.

analizi yapılan örneklerin anacak % 15'i alkali mobilitesinden etkilenmiş olan saha içinde bulunur. Görüleceği üzere bu etkileşime maruz kalmış örnekler mağmatik- metazomatik ayrılım eğrisinin mağmatik kesimine yakın bir yerde kümelenmişlerdir.

K_2O dışında tüm asli element kimyasal analiz sonuçları SiO_2'ye karşı teşkil edilen Harker diağramında negatif ilişki sergilerler. SiO_2 ile CaO, Al_2O_3, MnO arasında sırasıyla -0.81, -0.72 ve -0.63 korelasyon değerleri ile kuvvetli ve ortaç negatif ilişkiler vardır. P_2O_5, Na_2O, MgO ve TiO_2 ile SiO_2 arasında gözlenen zayıf negatif ilişkiler sırasıyla -0.45, -0.42, -0.39 ve -0.24

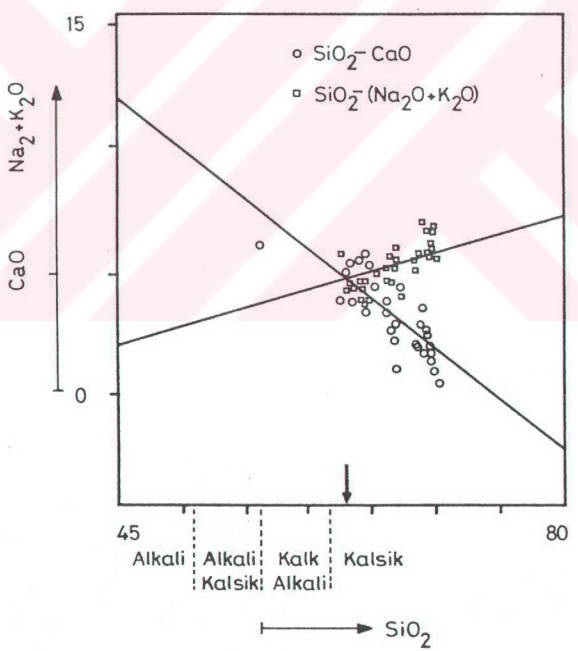
korelasyon değerleri ile belirginleşirler. SiO_2 ile Na_2O'in negatif , K_2O'in pozitif (r=0.62) ilişki göstermesi, K'un diferansiyasyon sırasında uyumsuz element olarak davrandığını, Na'un bir miktar tüketilmiş olduğunu ifade eder. K_2O-Na_2O-CaO üçgen diağramında Balcılı granitoidleri K_2O/Na_2O oranı açısından göreceli olarak sodik karakterlidirler (Şekil 5.3).



ŞEKİL: 5.3. Balcılı Granitoidlerinin K_2O-Na_2O-CaO Üçgen Diağramında Konumu.

Bu sahada yer alan kayaçlar genel bir kalk-alkali trendin gösterdiği K_2O/Na_2O oransal ilişkisinden daha düşük bir seyir ile yayılım gösterirler.

Özellikle granitoid bileşimli kayaçların alkali-kalk alkali karakterlerinin saptanmasında kullanılan PEACOCK(1931) diağramının esası, SiO_2-CaO ve SiO_2-(Na_2O+K_2O) kimyasal parametrelerine ait oluşturulan lineer regresyon doğrularının kesişim noktalarının apsiste okunması ve aynı eksendeki karakter skalası ile karşılaştırılması esasına dayanır. Balcılı granitoid grubu kayaçlarının SiO_2-CaO kimyasal parametreleri arasında r=-0.81 negatif korelasyon, SiO_2-(Na_2O+K_2O) kimyasal parametreleri arasında ise r=0.49 pozitif korelasyon mevcuttur. Bu iki ayrı korelasyon değerlerine tekabül eden lineer regresyon doğrularının kesişim noktaları, alkali-kalsiyum indeks apsisinde yaklaşık olarak 63'e karşılık gelir (Şekil 5.4)



ŞEKİL: 5.4. Balcılı Granitoidlerinin PEACOCK'un (1931) Alkali-Kalsiyum Diagramında Konumu.

Bu değer PEACOCK'un(1931) skalasında kalsik bölgeye karşılık gelir. Öte taraftan kayaçların kalk alkalitoteyitik seperasyonunda kullanılan IRVINE ve BARAGAR'ın(1971) AFM diagramında, Balcılı granitoidleri tümüyle kalk alkali alanda yer almaktadır (Şekil 5.5).

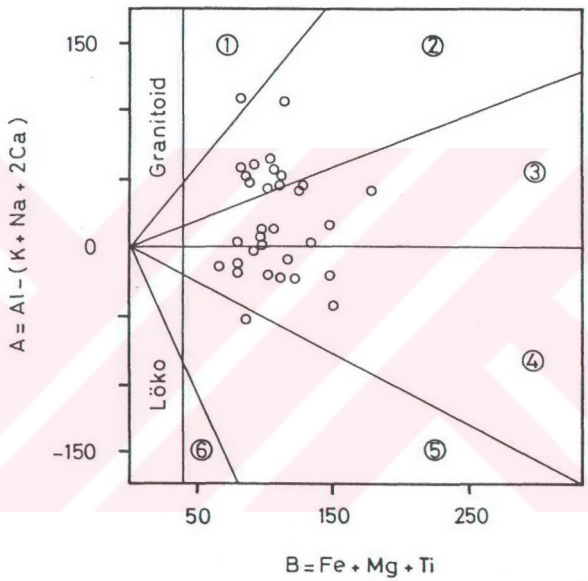


ŞEKİL: 5.5. Balcılı Granitoidlerinin IRVINE ve BARAGAR'ın(1971) AFM Diagramında Dağılımı.

5.1.1. Kimyasal Mineralojik Özellikler

Örneklerin kimyasal analizleri DEBON ve Le FORT'un (1982) karakteristik mineral diagramında 2,3 ve 4 numaralı kesimlere düşmektedir. İnce kesit incelemeleri,bu sahada alterasyon sonucu ortaya çıkan serisitlerin bir tarafa bırakılması durumunda müskovit'in kayacın bünyesinde bulunmadığını göstermiştir. Şekil 5.6'da,

2 numaralı kesimden de izleneceği üzere kimyasal analizi yapılan numunelerin yaklaşık olarak % 32'si biotit müskovit sektöründe yer alır. 3 numaralı kesimde sadece biotit sektörü, tüm numunelerin yine % 32'sini kapsamında bulundurur.



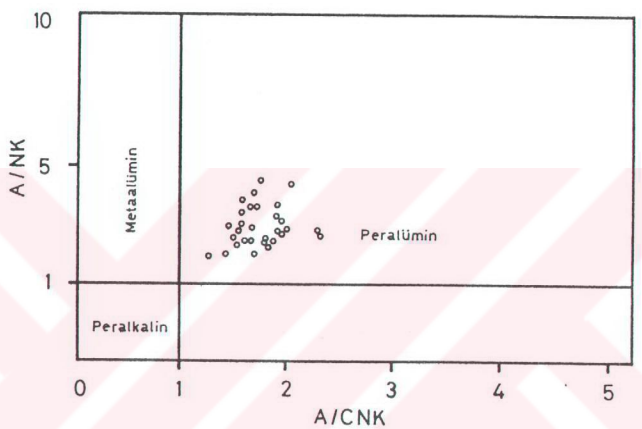
ŞEKİL: 5.6. Örneklerin DEBON ve LE FORT'un(1982) Karakteristik Mineraller Diagramında Konumu. 1:Mu=Bi, 2:Bi>Mu, 3:Bi, 4: Bi+Amf $\pm$ Kpr, 5:$\pm$ Kpr $\pm$ Amf.

Potasik kuşakta ortaya çıkan ikincil biotitler ile kayacın bünyesinde bulunan birincil biotitlerin söz konusu 2 ve 3 numuralı sektörde ayrılımı, belirgin olmamakla

birlikte 3 numaralı sektörde daha fazla toplandığı gözlenmiştir. Bunun nedeni 4 numaralı kesimde yer alan (Amfibol+Biotit ±Klinopiroksen) mineral topluluğunda izlenen amfibol'ün ayrışarak biotitleşmesi ve dolayısıyla da trendi 3 numaralı sahaya çekmesi gösterilebilir. Örneklerin yaklaşık olarak % 32'si 4 numaralı kesimde, Amifibol+Biotit± Klinopiroksen mineral topluluğu alanına düşmektedir.

Grantoidlerin alüminyum karakteri mineralojik, Petrojenetik ve cevher potansiyeli açısından önemli bir parametredir. Bu karakterin tespit edilmesi için araştırıcılar farklı diağramlar kullanmışlardır. DEBON ve LE FORT(1982), A= Al-(K+Na+2Ca) ve B=Fe+Mg+Ti parametrelerine karşılık oluşturdukları karakteristik mineral diağramında kayaçların peralümünli ve metaalümünli ayrılımını gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar, mağmatik kayaçları oluşturan birlikleri kafemik, alümüno-kafemik ve alümünli olmak üzere üç ana grup altında toplamışlardır. Kafemik tür büyük bir kesimi ile metaalümünli sahada yer alar. A-B parametreleri arasında negatif bir ilişki sergileyen grubun felsik ürünleri çoğunlukla Peralümünli saha içinde yer alır. Alümüno-kafemik türe ait kayaç birlikleri çoğunlukla peralümünli alan içinde daha düşük bir negatif seyir ile yayılım gösterirler. Alüminli türe ait kayaç birlikleri tümüyle peralümünli alan içinde pozitif ile zayıf bir negatif seyir içinde dağılım gösterirler. Balcılı granitoidleri ağırlıklı oranda peralümünli olmak üzere peralümünli - metaalümünli alan içinde yayılım gösterirler. A ve B parametreleri arasında korelasyon -0.08 ile çok zayıf bir negatif ilişki içindedir. Bu görünümü ile Balcılı granitioidleri ağırlıklı oranda peralümünli olmak üzere peralümünli-metaalümünli alan içinde yayılım gösterirler. Örnekler karakteristik mineral diağramında A=34.60-0.12B reğresyon doğrusu ve r=-0.08 gibi oldukça zayıf negatif

kolerasyon katsayısı ile alümüno-kafemik kayaç topluluğunun karakteristiğini taşırlar. Balcılı granitoidleri Shand indeksi olarak bilinen ve alüminyum doygunluk indeksine (A/CNK) karşılık oluşturulan agpaitik indeks (A/NK) diağramında peralümin karakteri ile ön plana çıkmaktadır (Şekil 5.7).

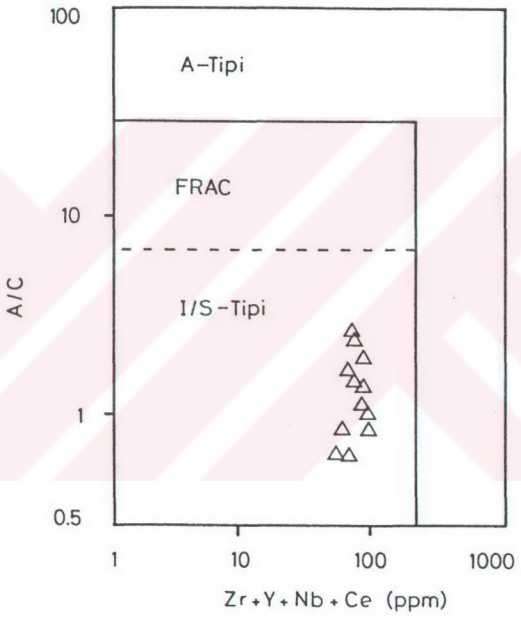


ŞEKİL: 5.7. Örneklerin SHAND (1927) Diağramında Alüminyum Karakteri.

5.1.2. Granitoid Ayırımı

İlk defa CHAPPELL ve WHITE'in(1974) yerbilimleri terminolojisine tanıttığı I-S tipi granitoid sınıflamasında kullanılan temel kriterler, genel anlamda asli element kimyasal analiz sonuçları ve bunlardan oluşturulan bazı normatif minerallerin miktarına dayanır. Konu ile ilişkili ayrıntılı açıklamalar CHAPPEL ve WHITE(1974), WHITE ve CHAPPELL(1977), HINE ve diğerleri (1978) ve TAKAHASHI ve Diğerleri (1980) tarafından verilmiştir.

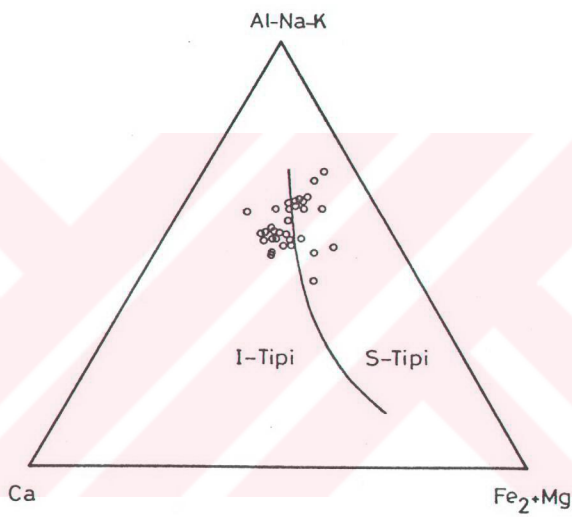
Majör ve iz element içeriğine göre granitoidleri I/S tipi, fraksinasyona uğrayan I/S tipi ve A-tipi olarak sınıflayan WHALEN ve diğerlerinin(1987) kriterlerine göre Balcılı civarındaki mağmatik kayaçlar I/S tipi granitoid alanında yer alırlar (Şekil 5.8). Bu diağramda granitoidleri I ve S-tipi olarak ayırmak mümkün değildir.



ŞEKİL: 5.8. İnceleme Alanı Granitoidlerinin WHALEN ve diğerlerinin (1987) Diskriminasyon Diağramında Konumu.

Bu amaçla Quick Basic proğramlama dilinde yazılan bir proğram ile CHAPPELL ve WHITE' ın(1974) kriterlerine göre granitoidler I ve S-tipi olarak ayrılabilmektedir.

Tablo 5.1'deki verilerin proğram kapsamında değerlendirilmesi ile örneklerin yaklaşık olarak % 50 civarında I-tipi ve % 50 oranında da S-tipi karakterde olduğu ortaya çıkmıştır. TAKAHASHI ve diğerlerinin (1980) üçgen ACF diağramında yer alan I ve S-tipi seperasyon eğrisi, Balcılı granitoidlerini Şekil 5.9'dan da görüleceği üzere I ve S-tipi alanda ayırmaktadır.

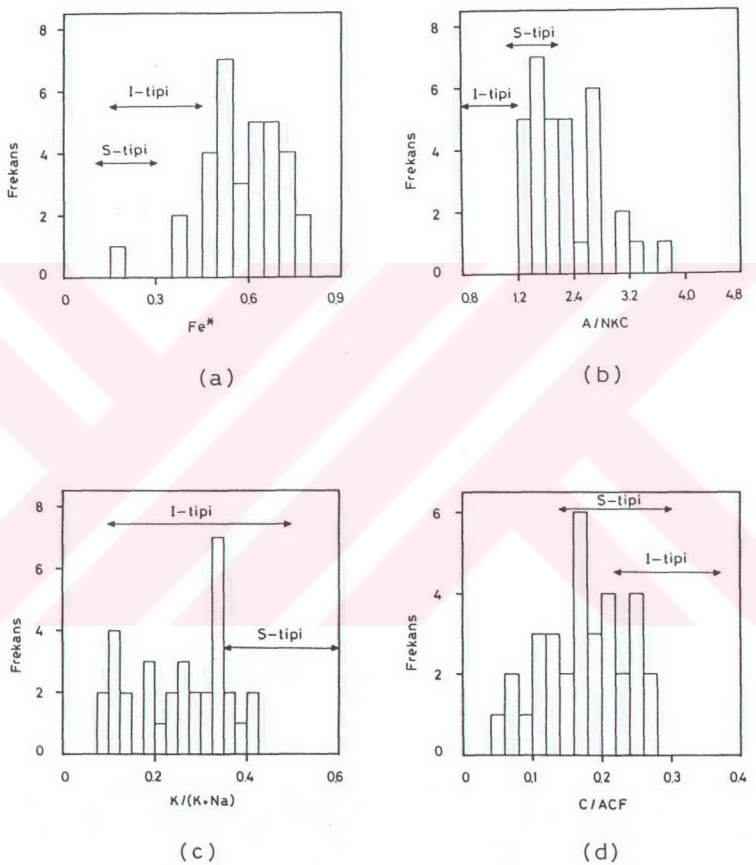


ŞEKİL: 5.9. Balcılı Granitoidlerinin TAKAHASHI ve Diğerlerinin (1980) ACF Üçgen Diağramında Yayılımı.

Granitoidlerin I-S tipi ayırımında kullanılan diğer bazı kriterler molar $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$, C/ACF ve atomik K/Na+K ve $Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$ parametrelerine dayanır. Tipik I ve S-tipi granitoidlerin söz konusu kriterlere göre yayılımlarını histogramlar şeklinde gösteren TAKAHASHI ve diğerleri (1980), sınır değerleri arasında

bir takım üst üste gelmelere rağmen bu tür diağramların seperasyon işleminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Belirtilen kıstaslara göre Balcılı granitoidleri için teşkil edilen parametre diağramları Şekil 5.10'da gösterilmiştir. $Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$ atomik oranı açısından Balcılı granitoidleri, S-tipine oranla daha fazla okside olan I-tipi granitoid alanı içinde yer alır (Şekil 5.10.a). Şekilden de izleneceği üzere granitoidler Avustralya'daki I-tipi granitoidlerden daha fazla okside olan değerler aralığı arasında yayılım gösterirler. Molar Al_2O_3 /(Na_2O+K_2O+ CaO) oranı açısından söz konusu kayaçlar Avustralya'daki S-tipi granitoidlerin yayılım sınırları arasında yer almakta ve bu sınırı oldukça fazla miktarda aşan değerlere ulaşmaktadır (Şekil 5.10.b). K/(K+Na) atomik oranı kapsamında Balcılı granitoidleri daha ziyade I-tipi granitoid sahası sınırlarında izlenirler (Şekil 5.10.c.). Öte taraftan molar C/ACF oranı dikkate alındığında mağmatik kayaçlar daha çok S-tipi granitoid sınırları arasında yayılım gösterirler (Şekil 5.10.d).

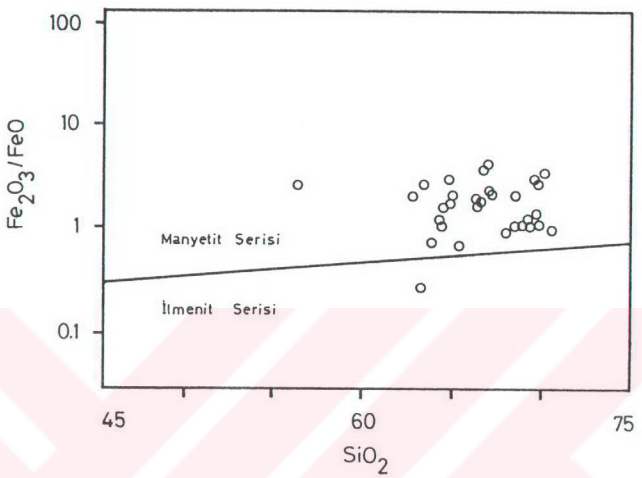
Bu değerlendirmelerin ışığı altında, Balcılı granitoidleri tam anlamı ile ne I-tipine nede S-tipine eittirler. I ve S-tipi arasında bir geçiş granitoidleri olarak ortaya çıkarlar. S-tipi granitoidler petrografik olarak hornblend, manyetit ve hornblend içeren mafik inklüzyonların bulunmaması ile karakterize olurlar. Öte taraftan kordiyerit, sillimanit, andaluzit ve gröna gibi alüminyum silikatların varlığı, bu tür granitoidlerin önemli petrografik bileşenlerini teşkil ederler. Balcılı granitoidlerinden alınan 140'ın üzerindeki örneğin mikroskopik incelemesinde söz konusu minerallere rastlanmamıştır. Buna rağmen S-tipi karakterinin ortaya çıkmasındaki en önemli etken, inceleme alanının her şeyden önce bir mineralizasyon sahası olması ve analiz için seçilen



ŞEKİL: 5.10. Balıclı Granitoidlerinin a) Atomik $Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$, b) Molar $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$, c) Atomik K/(K+Na) ve d) Molar C/ACF Frekans Diağramları.($Fe^*=Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$).

örneklerin minimum ayrışma izlerini de taşımış olsa, yaygın bir hidrotermal alterasyondan etkilenmiş olmalarıdır. Özellikle potasik kuşakta ortaya çıkan hornblendlerin biotitleşmesi süreci, gözönünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir. Alterasyon ile alkalilerin bir kısmının göçü, kayacın bünyesinde söz konusu alüminyumlu minerallerin bulunmamasına rağmen alüminyum zengileşmesine yol açacaktır. Şekil 5.10.b'den de izleneceği üzere A/CNK parametresinin olağan I ve S-tipi granitoidlerinin yayılım sınırlarının dışına çıkması, bunun göstergesi olmalıdır.

$Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$ atomik oranı, manyetit serisi granitoidleri ilmenit serisi granitoidlerden ayıran önemli bir parametredir (TSUSUE ve ISHIHARA, 1974). Manyetit serisi granitoidler ilmenit serisine oranla daha okside olmuşlardır. O nedenle opak mineral olarak manyetit'i bünyesinde bulundururlar. Oysa ilmenit serisi granitoidlerde manyetit bulunmaz. Şekil 5.10.a'dan da izleneceği üzere Balcılı granitoidleri yüksek $Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$ değerleri ile I-tipi granitoid sahasında yer alırlar. Manyetit ve ilmenit serisi granitoidler, Fe_2O_3/FeO oranına karşılık SiO_2 diağramında ayırtlanabilirler. İnceleme alanı granitoidleri Şekil 5.11'den de izleneceği üzere hemen hemen tümü ile LEHMANN ve HARMANTO'nun(1990) manyetit serisi granitoid alanında yayılım gösterirler. Opak mineral olarak manyetit ve ilmenit minerallerini kapsamında bulunduran granitoidler, ISHIHARA'nın(1977) manyetit serisi granitoidleri olarak nitelendirilirler. Aynı ayırım doğrusuna bağlı kalmak koşulu ile apsisteki SiO_2 değişkeni yerine TiO_2 bileşenini kullandığımız zaman granitoidlerin manyetit ve ilmenit serisi olarak farklılaşabilecekleri görülmüştür.

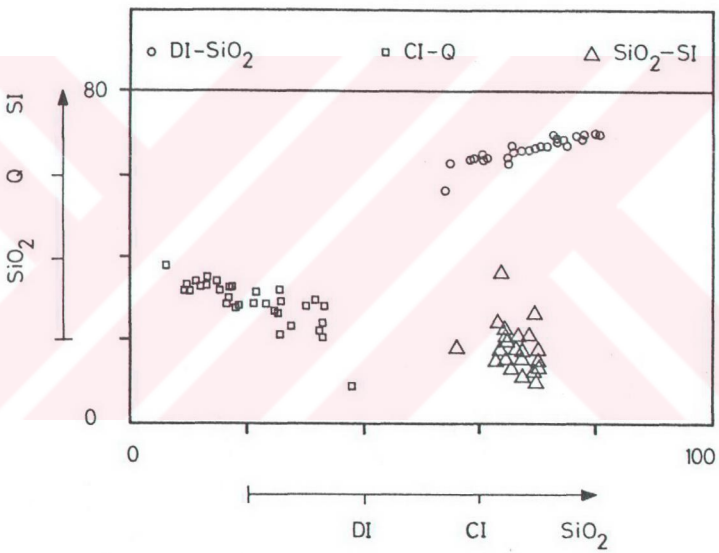


ŞEKİL: 5.11. Balcılı Granitoidlerinin LEHMANN ve HARMANTO'nun (1990) Manyetit-İlmenit Serisi Seperasyon Diağramında Dağılımı.

5.2. Balcılı Granitoidlerinin Kristalizasyon, Diferansiyasyon ve Katılaşma İndeksleri

Granitik bir mağma yüksek SiO_2 içeriğinden ötürü en son katılaşır. Buna karşın bazik karakterli bir mağma düşük SiO_2 içeriğinden dolayı en erken kristalleşir. Bu ifade kristalizasyon indeksi ve kayacın normatif kuvars içeriği ile SiO_2 içeriği ve katılaşma indeksi arasında negatif bir seyrin olduğu anlamına gelir. Öte taraftan bir mağma diferansiye oldukça SiO_2 içeriği ile pozitif seyir gösterir.

Balcılı civarında yer alan mağmatik kayaçların kristalizasyon, diferansiyasyon ve katılaşma indeks ilişkileri karşılaştırmalı olarak Şekil 5.12'de gösterilmiştir. Tonalit, granodiorit ve granit bileşimli kayaçlar artan normatif kuvars (9.27-38.29) ve azalan kristalizasyon indeks (37.56-5.86) değerlerine bağlı olarak -0.79 korelasyon ile negatif bir ilişki içindedirler.

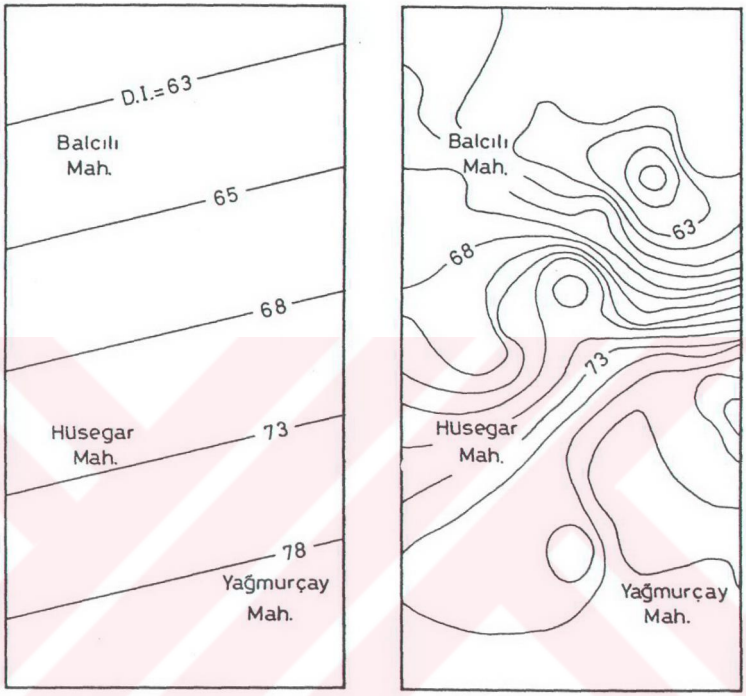


ŞEKİL: 5.12. Balcılı Civarı Mağmatik Kayaçlarının Diferansiyasyon, Kristalizasyon ve Katılaşma İndeks Değerlerinin Karşılılıklı Olarak Değişimi.

Dağılımın belirgin bir kümelenme yapmadan kesintisiz olarak devam etmesi, kristalizasyonun sürekliliğini ortaya koyar. Öte taraftan artan SiO_2 içeriğine (56.36-70.60) bağlı olarak diferansiyasyon indeksi (55.91-80.82), 0.90 korelasyonla artış kaydeder. Bu da bize inceleme alanındaki mağmatik kayaçların 1.00'e yakın korelasyon ile lineer ve sürekli bir değişim içinde olduğunu gösterir. Artan SiO_2 içeriği (56.36-70.60) ile azalan katılaşma indeksi değerleri (36.22-8.92),-0.36 korelasyon ile negatif seyir gösterirler.

Arazi gözlemleri ve modal analiz çalışmaları, inceleme alanındaki mağmatik kayaçların kuvars içeriğinin Kuzeyden , Güneye doğru artış kaydettiğini işaret eder. Bu durumda, mağmatik kayaçların kimyasal açıdan Kuzeyden Güneye doğru zonal bir yapı arz ettiği gerçeği ortaya çıkar. Söz konusu ilişkiyi istatiksel olarak ta irdelemek amacı ile, diferansiyasyon indekslerinin saha içinde yayılımına polinoma uyarlama analizi uygulanmıştır.

Lineer polinoma uyarlama analizi, inceleme alanında Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda ve Güneydoğu yönünde diferansiyasyon indeksinin artış gösterdiğini belirtir(Şekil 5.13.a). Bu seyir aynı zamanda Şekil 4.1'den de izleneceği üzere tonalit-granodiorit ve granodiorit-granit dokanağı ile de uyum içindedir. Kuintik polionama uyarlama analizi, sahada başlıca üç lokasyonda kapanım yapar (Şekil 5.13.b). Bu kapanımlar yaklaşık olarak farklı kayaç grubu içindeki konsantrasyonları bünyesinde bulundurarak aynı zamanda plütonizmanın inceleme alanında zonal bir yapı sergilediği gerçeğini de ortaya koyar.



ŞEKİL: 5.13. Balcılı Civarı Mağmatik Kayaçlarında Diferansiyasyon indeksinin
a) Lineer,
b) Kuintik Polinoma Uyarlama Analizi
Kontur Diağramı.

5.3. Balcılı Granitoidlerinin Niggli Parametreleri ve Uygulamaları

Mağmatik kayaçların asli element kimyasal analiz sonuçları, bir takım basit hesaplama teknikleri ile petrolojik değerlendirmeler açısından doyurucu bilgiler sunan formlara dönüştürülebilir. Niggli değerleri olarak tanımlanan parametreler, asli element kimyasal analizleri yapılan kayaçların diferansiyasyon seyirlerini, ait oldukları mağmatik provensleri, alkalinite oranlarını ve söz konusu kayaçların ne tür bir mağmadan türemiş olduğu konusunda somut veriler ortaya koyarlar.

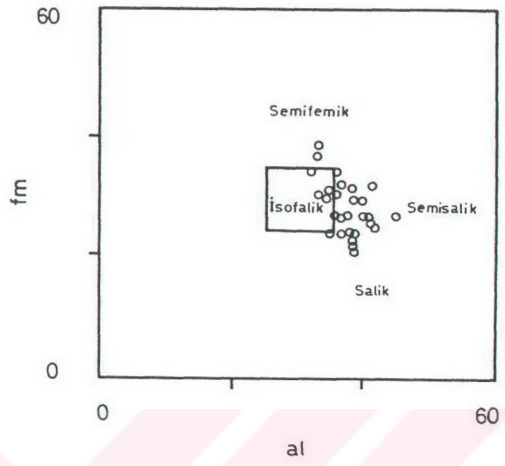
Balcılı granitoidlerine ait hesaplanmış Niggli parametreleri Tablo 5.2'de verilmiştir. al-fm Niggli parametre değişkenleri arasında r=-0.49 korelasyon ile negatif bir seyir vardır (Şekil 5.14). İzleneceği üzere veriler daha çok semisalik, isofalik ve semifemik bölgelerinde saçınım göstermektedir. Bu seyir, mağmatik getirimin birden fazla olacağı anlamına gelir. Şekil 5.15'de k-mg parametrelerine göre oluşturulan diağram yer almaktadır. Balcılı porfiri bakır sahasındaki kayaçların büyük bir kesimi, hissedilir bir saçınıma rağmen pasifik tipi mağma alanında toplanırlar. Bu veri, inceleme alanında yer alan mağmatik kayaçların kalk-alkali bir mağmanın ürünü olduğunu ortaya koyar. Şekil 5.16'daki al-alk diağramından da izleneceği üzere inceleme alanındaki kayaçlar alkalice fakir, alkalice vasat ve alkalice zengin sektörler arasında yer alırlar. Noktaların konsantrasyonu daha çok alkalice vasat bölgede kümelenmektedir. si'nin fonksiyonu olarak al+alk ve c+mg parametre ilişkileri Şekil 5.17.a,b'de verilmiştir.

TABLO: 5.2. Balcılı Mağmatik Kayaçlarına Ait Niggli Parametreleri.

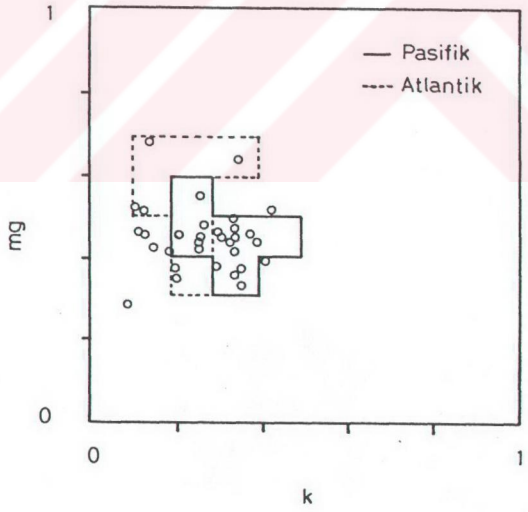
Kayaç No.	al	fm	alk	c	si	k	mg	ti	p	w	si°	qz	si'	az	c/fm
B82	34.54	29.76	18.34	17.36	274.86	0.25	0.45	0.75	0.16	0.64	1.59	101.49	173.37	0.73	0.58
B25	40.21	26.45	23.50	9.83	329.27	0.37	0.45	0.10	0.20	0.50	1.70	135.26	194.01	0.77	0.37
B119	34.82	23.42	24.90	16.85	298.27	0.33	0.41	1.13	0.15	0.52	1.49	98.67	199.60	0.75	0.72
B113	38.25	21.98	19.08	20.69	281.69	0.19	0.37	1.29	0.20	0.37	1.60	105.38	176.31	0.74	0.94
B19	37.03	23.40	25.72	13.86	327.82	0.35	0.33	1.13	0.10	0.73	1.62	124.96	202.86	0.77	0.59
B118	37.54	26.55	21.51	14.39	291.24	0.33	0.45	1.17	0.15	0.46	1.57	105.19	186.05	0.74	0.54
B101	35.46	26.44	15.76	22.33	241.12	0.14	0.42	0.97	0.13	0.70	1.48	78.07	163.05	0.71	0.84
B8	39.90	29.18	20.01	10.91	312.23	0.25	0.55	1.44	0.17	0.65	1.73	132.20	180.03	0.76	0.37
B137	38.31	23.88	22.36	15.44	331.95	0.40	0.38	1.08	0.14	0.50	1.75	142.50	189.45	0.77	0.65
B133	38.75	23.42	13.35	24.48	251.12	0.11	0.45	1.02	0.21	0.72	1.64	97.74	153.38	0.72	1.05
B134	38.19	30.77	19.68	11.36	298.58	0.29	0.38	1.44	0.28	0.78	1.67	119.85	178.74	0.75	0.37
B135	37.48	31.40	25.29	5.83	323.55	0.42	0.51	1.07	0.25	0.75	1.61	122.37	201.18	0.76	0.19
B126	33.05	38.31	14.00	14.64	222.70	0.13	0.68	0.66	0.18	0.39	1.43	66.70	156.00	0.69	0.38
B129	40.10	26.53	14.37	19.00	255.25	0.09	0.52	0.80	0.13	0.49	1.62	97.76	157.49	0.72	0.72
B36	45.05	26.67	24.13	4.15	364.70	0.32	0.43	1.17	0.15	0.48	1.86	168.17	196.53	0.78	0.16
B62	40.84	26.79	21.93	10.44	318.89	0.26	0.47	0.94	0.16	0.50	1.70	131.19	187.70	0.76	0.39
B130	34.68	30.97	13.29	21.06	240.52	0.12	0.45	0.28	0.13	0.64	1.57	87.37	153.16	0.71	0.68

TABLO: 5.2. Balcılı Mağmatik Kayaçlarına Ait Niggli Parametreleri (Devamı).

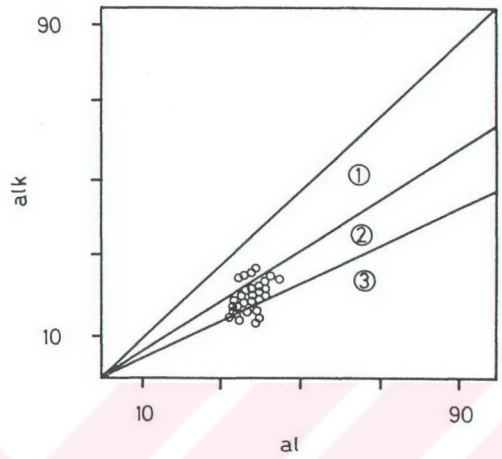
Kayaç No.	al	fm	alk	c	si	k	mg	ti	p	w	si°	qz	si′	az	c/fm
B18	41.92	24.73	25.46	7.89	332.82	0.39	0.44	0.86	0.14	0.51	1.65	130.96	201.86	0.77	0.32
B95	36.68	31.65	16.62	15.04	259.93	0.20	0.45	0.54	0.10	0.60	1.56	93.44	166.49	0.72	0.48
B127	34.21	29.05	13.98	22.76	244.79	0.11	0.46	1.74	0.18	0.58	1.57	88.87	155.92	0.71	0.78
B32	38.40	29.22	21.32	11.05	322.06	0.33	0.35	1.07	0.23	0.70	1.74	136.77	185.29	0.76	0.38
B4	41.37	31.66	20.78	6.18	298.34	0.30	0.46	1.17	0.19	0.68	1.63	115.21	183.13	0.75	0.20
B88	31.89	34.03	14.37	19.70	230.85	0.12	0.51	1.15	0.20	0.19	1.74	73.35	157.50	0.70	0.58
B29	41.26	25.64	23.62	9.48	335.39	0.33	0.47	1.11	0.28	0.50	1.72	140.92	194.48	0.77	0.37
B63	40.76	25.64	19.34	14.26	313.95	0.19	0.34	0.88	0.18	0.63	1.77	136.59	177.36	0.76	0.56
B24	38.72	20.55	26.97	13.76	344.84	0.35	0.37	1.19	0.13	0.50	1.66	136.96	207.89	0.78	0.67
B39	35.86	34.21	20.74	9.19	303.71	0.34	0.64	0.82	0.15	0.57	1.66	120.75	182.96	0.75	0.27
B111	35.47	26.68	20.39	17.46	260.00	0.25	0.42	0.84	0.12	0.64	1.43	78.45	181.55	0.72	0.65
B59	38.61	22.35	16.16	22.88	248.30	0.18	0.41	0.90	0.28	0.52	1.51	83.67	164.63	0.71	1.02
B3	36.11	29.71	17.62	16.57	297.20	0.30	0.45	1.45	0.17	0.61	1.74	126.73	170.48	0.75	0.56
B100	36.97	26.31	16.35	20.36	286.17	0.08	0.28	1.82	0.18	0.66	1.73	120.76	165.40	0.74	0.77
B26	33.10	29.73	16.55	20.62	177.26	0.25	0.43	1.23	0.25	0.70	1.07	11.05	166.20	0.64	0.69
B140	32.92	36.34	18.74	12.00	267.05	0.33	0.50	0.60	0.14	0.76	1.53	92.07	174.98	0.73	0.33



ŞEKİL: 5.14. Balcılı Mağmatik Kayaçlarının al-fm Parametre Diağramı.



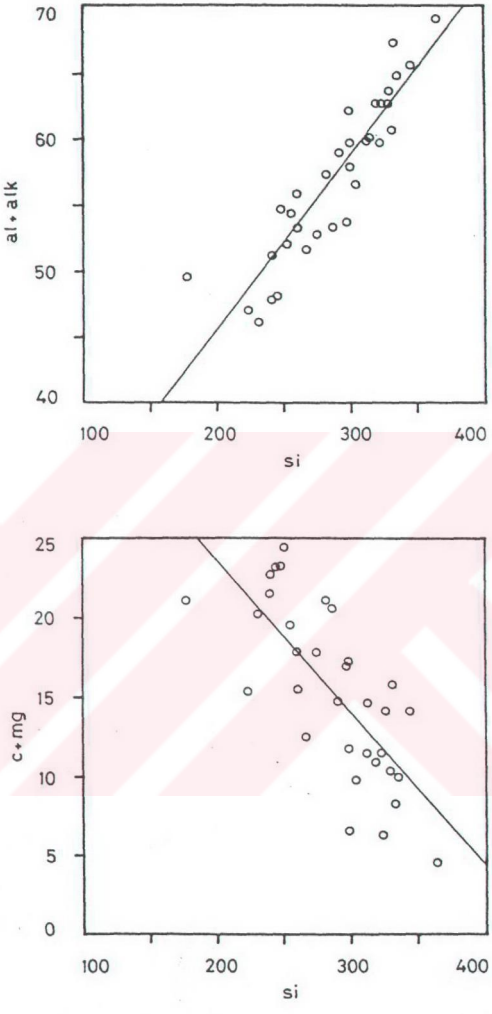
ŞEKİL: 5.15. Balcılı Mağmatik Kayaçlarının k-mg Parametre Diağramı.



ŞEKİL: 5.16. Balcılı Mağmatik Kayaçlarının al-alk Parametre Diağramı. 1:Alkali'ce zengin, 2: Alkali'ce vasat,3:Alkali'ce fakir.

Artan si ile al+alk, r=0.91 korelasyon ile pozitif seyir içindedir. Üte taraftan artan si'e bağlı olarak c+mg r=-0.74 korelasyon ile negatif seyir içindedir. Her iki durumda da kesintisiz lineer bir ilişkinin varlığı, Balcılı civarında yer alan mağmatik kayaçların sürekli ve normal bir diferansiyasyon seyrini izlediğini ifade eder.

İnceleme alanındaki mağmatik kayaçların ne tür bir mağmadan türediği konusunda bilgi sahibi olmak için bazı Niggli parametrelerinin bir arada değerlendirilmesi gerekir. Bu amaçla si,al,fm,c,alk,k,mg ve c/fm Niggli parametrelerinin kalk-alkali, sodik ve potasik mağmatik serileri içindeki aralık değerleri ile aynı anda değerlendirildiğinde, tonalit'ten granit'e kadar değişim sunan kayaçların kalk-alkali granitik bir mağmadan türediği anlaşılmıştır. İşlemler sırasında, serilerin aralık değerleri BURRI'den(1964) alınmıştır.



ŞEKİL: 5.17. Balcılı Mağmatik Kayaçlarının a)si'ye Karşılık al+alk, b) si'ye karşılık c+mg Parametre Diağramı.

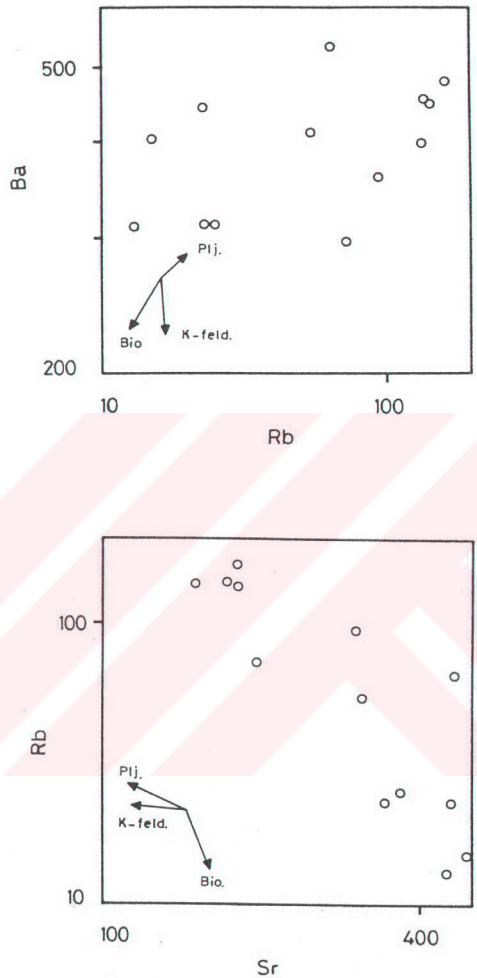
5.4. Balcılı Granitoidlerinin İz Element Jeokimyası

İnceleme alanından alınan 13 adet kayaç örneğinin iz ve bazı nadir toprak elementlerine ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 5.3'de gösterilmiştir.
Balcılı granitoidlerinde Ba, Rb ve Sr arasındaki karşılıklı sistematik değişimler bir diferansiyasyon modeli ile uyum içindedir. Rb ile Ba arasında 0.48 korelasyon değeri ile mevcut olan pozitif seyir aynı zamanda tonalit, granodiorit ve granit bileşimli kayaçların Şekil 5.18.a.'dan da izleneceği üzere biotit-plyajyoklaz fraksinasyonunu izlediğini ortaya koyar. Bu ilişki aynı zamanda Sr ile Rb arasındaki yüksek bir negatif seyir ile (r=-0.86) anlam kazınır ve Şekil 5.18.b'den de görüleceği üzere inceleme alanında yer alan mağmatik kayaçların belirgin bir plajyoklaz-biotit fraksinasyonunu takip ettiğini gösterir.

Dalma-batma olayları ile ilişkili mağmatik kayaçların jeokimyasal davranışları toleyitik (primitif yay), kalk-alkali (normal ada yayı ve kıtasal yaylar) ve alkali (yay arkası kesimler) ortamlarda farklılıklar sergiler. Litosferik bir mantonun dalma batma zonu zenginleştirmesi, kabuksal asimilasyon ve kabuğun kalınlaşmış kesiminde fraksinasyonal kristalizasyon proseslerini işaret eder. Bu tür ortamlarda büyük iyon litofil(K,Rb,Th,U) ve hafif nadir toprak elementlerinin (Ce,la) konsantrasyonu artar. Balcılı granitoidlerinde hafif nadir toprak elementlerinden la, Sr'un dışında tüm büyük iyon litofil elementleri ile pozitif ilişki sergiler. En büyük korelasyon 0.83 ile K arasında olup bunu 0.80 ile Th,0.68 ile Rb ve 0.60 ile Ba izler. Ce ile büyük iyon litofil elementler arasında ilişki düzensiz olup korelasyonları da düşük değerler içinde yer alır. En önemli korelasyon 0.22 ile Th arasında gerçekleşip diğerleri ile çoğunlukla

TABLO: 5.3. İnceleme Alanı Mağmatik Kayaçlarına Ait İz Element Analiz Sonuçları (ppm).

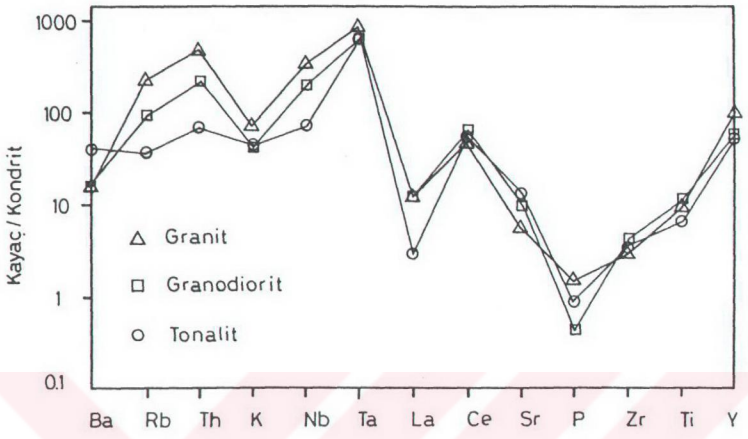
Kayaç No.	Th	Sr	Ca	La	Ba	K	Zr	Y	Nb	Ce	Rb	Ti
B3	8	196	24600	20	296	11100	3	24	4	56	72	2600
B19	14	180	19500	33	479	26600	10	19	4	40	162	1900
B24	12	150	18400	37	454	28300	8	19	5	39	137	1900
B26	4	462	43500	22	531	15100	45	17	1	32	65	3100
B59	3	493	39300	25	403	7100	6	14	1	39	15	1900
B63	3	341	28100	19	443	9400	10	17	1	38	23	1500
B133	4	446	42400	16	309	4500	6	13	1	35	13	2100
B101	1	362	39000	11	312	7300	38	13	1	46	25	2100
B111	2	300	28000	12	358	10500	24	14	1	37	94	2100
B113	3	307	31900	13	410	10200	21	12	1	42	54	1600
B119	12	181	26200	25	397	25100	8	25	4	42	134	2400
B140	3	452	41900	16	312	4300	6	13	1	47	23	2100
B137	15	172	21300	26	448	21300	19	20	3	47	141	2200



ŞEKİL: 5.18. Balcılı Mağmatik Kayaçlarının Logaritmik a) Rb-Ba, b) Sr-Rb Diağramı. Fraksinasyon Vektörleri Mc CARTHY ve HASTY(1976) ve TINDLE ve PEARCE'den (1981) Alınmıştır.

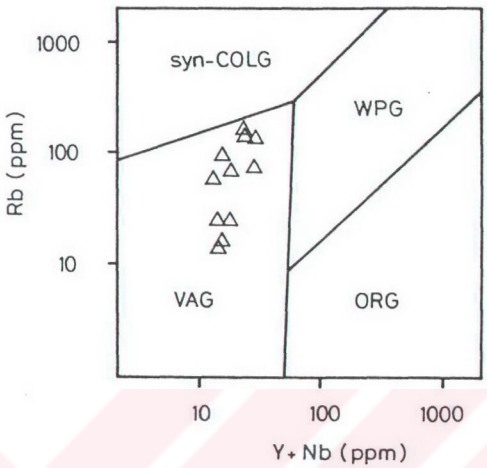
negatif veya sıfıra yakın pozitif seyirler sergiler. La ve Ce yüksek alan gücündeki elementlerden Zr hariç diğerleri ile (Ti,Nb,Y, Ta) ortaç ve yüksek korelasyon katsayılarıyla pozitif ilişki gösterirler. Primitif yayların silisyumu daha yüksek kayaç topluluklarında bile Rb, Th ve U gibi büyük iyon litofil karakterli iz elementler ile Ta, Nb, Hf, Y gibi yüksek alan gücündeki iz elementler düşük konsantrasyonlar sergilerler. Dalma batma zonu sürecinden veya kabuksal kirlenmeden (kontaminasyon) ötürü büyük iyonik çapa haiz litofil elementler söz konusu kayaçlarda artış gösterir. Öte taraftan plaka içi manto kaynağından etkilenmeler ise Ta, Nb, Hf ve Y açısından kayacı zenginleştirir (BROWN ve diğ.1984).

Kondrite göre normalize edilmiş granit, granodiorit ve tonalit bileşimli kayaçların iz element dağılımı Şekil 5.19'da verilmiştir. Normalize değerler THOMPSON ve diğerlerinden (1984) alınmıştır. Bu görünüm normal bir ada yayı veya kıta kenarında izlenen granitiodlerin iz element dağılımı açısından uyum içindedir. Rb, Th ve K gibi büyük iyonik çapa haiz litofil elementler fraksinasyon ile beraber artış gösterirken Sr azalmıştır. Hafif nadir toprak elementlerinden Ce zenginleşirken La bir miktar tüketilmiştir. Ta, Nb, Ti ve Y gibi yüksek alan gücündeki iz elementler ise genelde zenginleşmişlerdir. Zr, muhtemelen Zr fraksinasyonundan ötürü bir miktar tüketilmiştir. Bu görünümü ile inceleme alanındaki kayaçların bir plaka içi manto kaynağından etkilenmiş olabileceği düşüncesi ortaya çıkmaktadır. Balcılı civarında yeralan granitoidlerin zenginleşmiş büyük iyon litofil ve yüksek alan gücündeki iz element içerikleri ile, normal kalk-alkali kıtasal yay granitoidlerinden doygun alkali-kalsik granitoidlere geçiş gösterdiğini ifade eder.

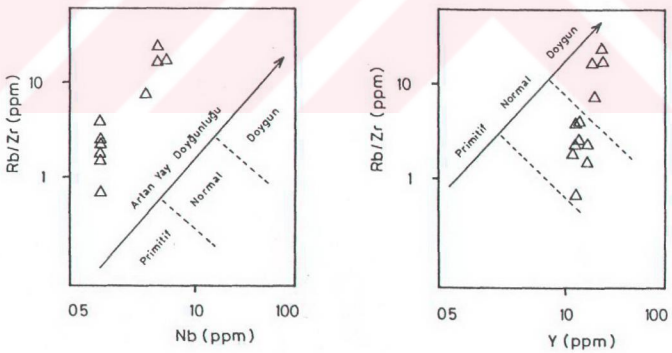


ŞEKİL: 5.19. Balcılı Granitoidlerinin Kondrite Göre Normalize Edilmiş İz Element Dağılımı.

Balcılı granitoidleri PEARCE ve diğerlerinin(1984) tektonik diskriminasyon diağramında volkanik yay granitoidleri alanında yer alırlar (Şekil 5.20). Bir dalma batma sürecine bağlı olarak volkanik yay ortamında oluştuğu bilinen inceleme alanı granitoidlerinin ne tür bir yay doyğunluğu içinde geliştiğini belirlemek amacı ile BROWN ve diğerlerinin(1984) Nb-Rb/Zr ve Y-Rb/Zr diağramlarından faydalanılmıştır. Şekil 5.21.a'da Nb-Rb/Zr diağramında Balcılı granitoidlerinin primitif'den doygun a kadar geniş bir yay doygunluğu alanında yayılım gösterdiği izlenmektedir. Şekil 5.21.b'de Y-Rb/Zr diağramında ise dalma batmanın normal ve doyğun evresinde granitoidlerin oluşturulduğu ortaya çıkmaktadır.



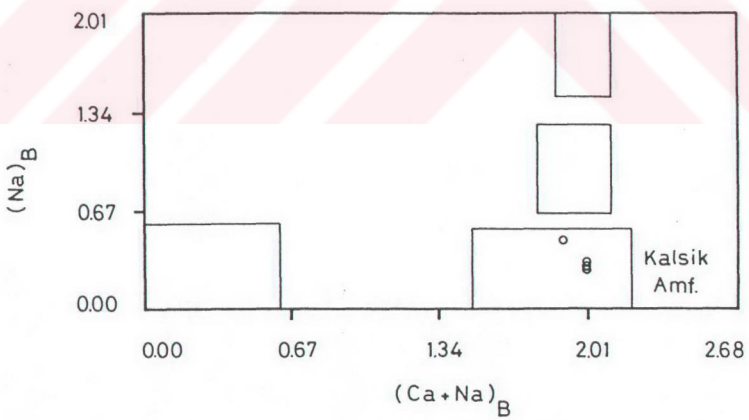
ŞEKİL: 5.20. Balcılı Granitoidlerinin PEARCE ve Diğerlerinin (1984) Y+Nb-Rb Tektonik Diskriminasyon Diagramında Konumu.



ŞEKİL: 5.21. Balcılı Granitoidlerin Yay Doygunluğunu Gösteren a) Nb-Rb/Zr, b) Y-Rb/Zr Diağramları.

5.5. Balcılı Granitoidlerinin Amfibol Kimyası ve Termobarometre

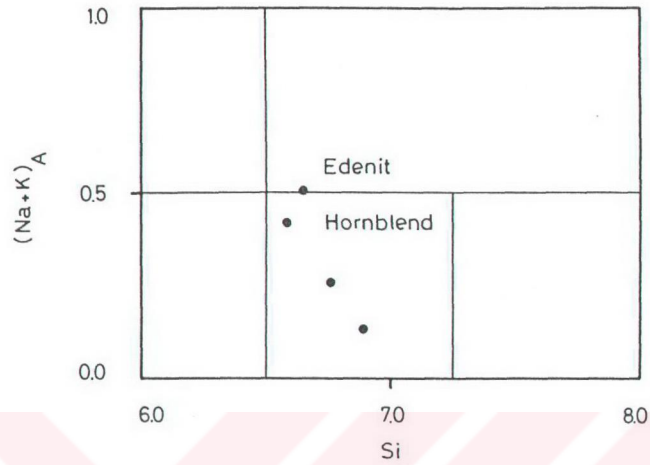
Granitoidlere ait amfibollerin mikroprob sonuçları ve 23 oksijen bazına göre hesaplanan atomik oranları Tablo 5.4'de gösterilmiştir. Mikroprob kimyasal analiz sonuçları, CURRIE'nin(1991) BASIC proğramlama dilinde yazdığı amfibol uç üyelerinin mol fraksiyonu programı ile değerlendirilmiştir. B kenarı itabarı ile MOGESSIE ve diğerlerinin(1990) Ca+Na'a karşı Na diağramında kalsik amfiboller alanında kümelenme gösterirler (Şekil 5.22). Al_2O_3 içeriği 7-10, SiO_2 içeriği 45-48 ve $Mg/Mg+Fe^{+2}$ oranı 0.77-1.00 arasında değişen kalsik amfiboller VYHNAL ve diğerlerinin (1991), LEAKE'den (1978) modifiye ettikleri kalsik amfibol sınıflama diağramında negatif bir seyir ile çoğunlukla hornblend alanında yer alırlar (Şekil 5.23). LEAKE'in (1978) kalsik amfibol sınıflama diağramında ise mağnezyo-hornblend alanında toplanırlar.



ŞEKİL:5.22. Amfibollerin B Kenarı İtibarı İle Ca+Na'a Karşı Na Diağramında Sınıflandırılması.

TABLO: 5.4. Balcılı Granitoidlerine Ait Amfibollerin Mikroprob Analizleri ve 23 O Bazına Göre Hesaplanmış Atomik Miktarları.

	AA1	AA2	AA3	AA4
SiO_2	45.82	48.47	48.33	45.48
TiO_2	0.94	0.70	0.59	0.97
Al_2O_3	9.54	7.82	8.99	9.95
FeO	12.67	11.70	9.32	12.97
MnO	0.38	0.59	0.31	0.51
MgO	14.05	15.38	17.58	13.84
CaO	11.04	11.08	9.46	11.07
Na_2O	2.50	1.43	2.57	2.19
K_2O	0.49	0.33	0.24	0.53
Toplam	97.43	97.50	97.39	97.51
Si^{IV}	6.65	6.89	6.76	6.58
Al^{IV}	1.35	1.11	1.24	1.42
$\sum$ T kenarı	8.00	8.00	8.00	8.00
Al^{VI}	0.28	0.20	0.25	0.28
Fe^{+3}	0.65	0.93	1.09	0.79
Ti	0.10	0.07	0.06	0.10
FM	3.97	3.80	3.60	3.83
$\sum$ C kenarı	5.00	5.00	5.00	5.00
Ca	1.72	1.69	1.42	1.72
Na	0.28	0.31	0.48	0.28
$\sum$ B kenarı	2.00	2.00	1.90	2.00
Na	0.42	0.08	0.22	0.33
K	0.09	0.06	0.04	0.09
$\sum$ A kenarı	0.51	0.14	0.26	0.42
Toplam	15.51	15.14	15.26	15.43



ŞEKİL: 5.23. Kalsik Amfibollerin Si'e Karşılık $(Na+K)_A$ Diağramında Sınıflandırılması.

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalar, kalk-alkali granitoidlere yer alan hornblendlerin toplam Al içeriğinin kristalizasyon basıncı ile lineer olarak değiştiğini göstermektedir. Bu da bir plütonun yerleşme derinliğini saptamada önemli bilgiler sunar. HAMMARSTROM ve ZEN(1986) kontak metamorfik birliklerde amfibol'ün toplam Al içeriği ile basınç arasında $P(\pm 3\ kbar) = -3.92 + 5.03\ Al_{top}$ lineer regresyon ilişkisinin varlığını r=0.89 korelasyonla tespit etmiştir. HOLLISTER ve diğerleri(1987), benzer bir çalışmada r=0.98 korelasyon katsayısı ile $P(\pm 1\ kbar) = -4.76 + 5.64\ Al_{top}$ lineer regresyon eşitliğini geliştirmişlerdir. JOHNSON ve RUTHERFORD(1989) ise r=0.99 korelasyon katsayısı ile $P(\pm 0.5\ kbar) = -3.46 + 4.23\ Al_{top}$ eşitliğini sunmuşlardır. JOHNSON ve RUTHERFORD'un(1989) konu ile ilgili kalibrasyon eşitliğini kullandığımızda, Balcılı granitoidlerinin kristalizasyon basıncı ortalama olarak 3.02 ± 0.5 kbar olarak elde edilir. Bu veriyi BLUNDY ve HOLLAND'ın(1990) $T=(0.677P-48.98+Y)/-0.0429-0.008314\ Lnk$ ve $K=((Si-4)/(8-Si))\ X^{plj}_{Ab}$ eşitliklerine

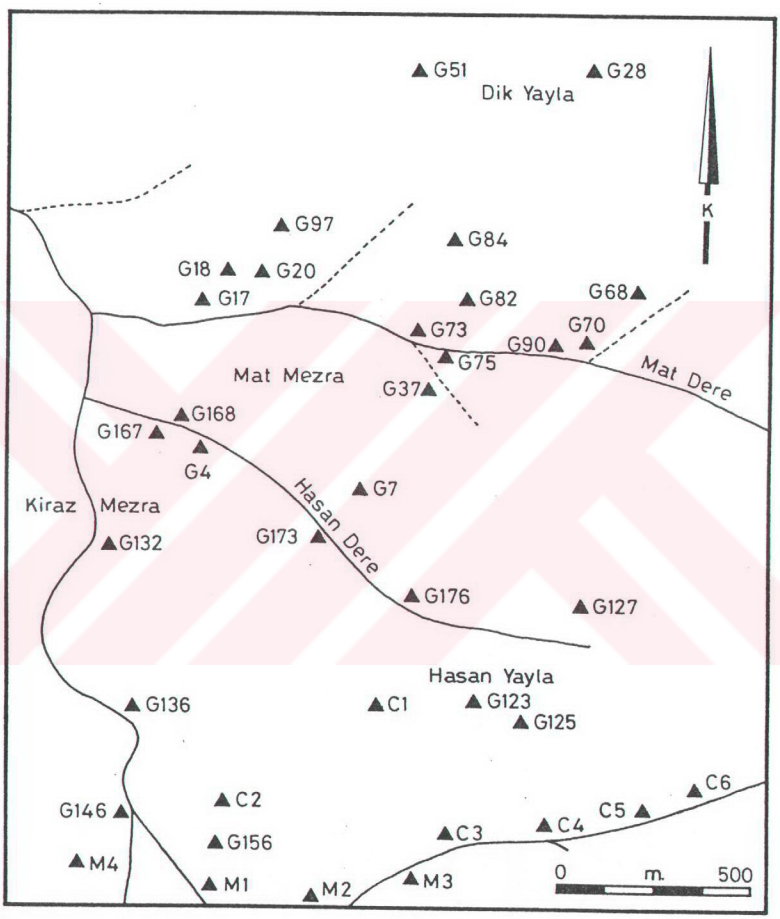
X^{plj}_{Ab} 0.5 ise Y=0, X^{plj}_{Ab} ise Y=-8.06+25.5 $(1-X^{plj}_{Ab})^2$ şartları altında uyguladığımızda Balcılı granitoidlerinin stabilizasyon sıcaklığının 791^{+} 75^{o}C olduğu ortaya çıkar.

Granitoidlerin TUTTLEve BOWEN'in(1958) "Granit (Q-Or-Pl)-Su" sistemi kapsamında teşkil edilen normatif Q-Ab-Or diağramında maksimum 3 kb'lık su basıncı eğrisine kadar yayılım göstermesi, aynı zamanda amfibol kimyası ile belirlenen 3.02^{+} 0.5 kbar basınç değeri ile de uyum içindedir.

5.6. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Asli Element Jeokimyası

Mikroskopik değerlendirmeler ışığı altında kimyasal analizi yapılan 38 adet kayaç örneğinin örnekleme haritası Şekil 5.24'de analiz sonuçları ise C.I.P.W. normları ile birlikte Tablo 5.5'de verilmiştir. İnceleme alanında yer alan kayaçlar LE BAS ve diğerlerinin (1986) toplam alkali-silis diağramında bazalt, bazaltik andezit, traki andezit ve dasit alanında yayılım gösterirler (Şekil 2.25). Dasitler, PECCERILLO ve TAYLOR'un(1976) SiO_2'ye karşı K_2O diağramında büyük bir çoğunluğu ile normal dasit alanında kümelenmek üzere düşük potasyumlu dasitlerden yüksek potasyumlu dasitlere doğru lineer bir seyir izlerler (Şekil 5.26).

Cevherleşmenin eşlik ettiği bir yerde hidrotermal alterasyonun ana ve yan kayaçlar üzerinde etkisi büyüktür. Bu etkinin miktarı, HUGHES'in(1973) geliştirdiği ve kayadaki alkali güçünün seyrini gösteren $K_2O/(K_2N+Na_2O)$'ye karşı K_2O+Na_2O diağramı ile test edilmiştir (Şekil 5.27). Şekile göre, kimyasal analizi yapılan örneklerin % 84'ü mağmatik spektrum içinde yer alırken, % 16'sı alkali göçünden etkilenmiştir.



ŞEKİL: 5.24. Tablo 5.4'deki Kayaç Örneklerinin Örnekleme Haritası.

TABLO: 5.5. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Asli Element kimyasal Analiz Sonuçları ve C.I.P.W. Normları.

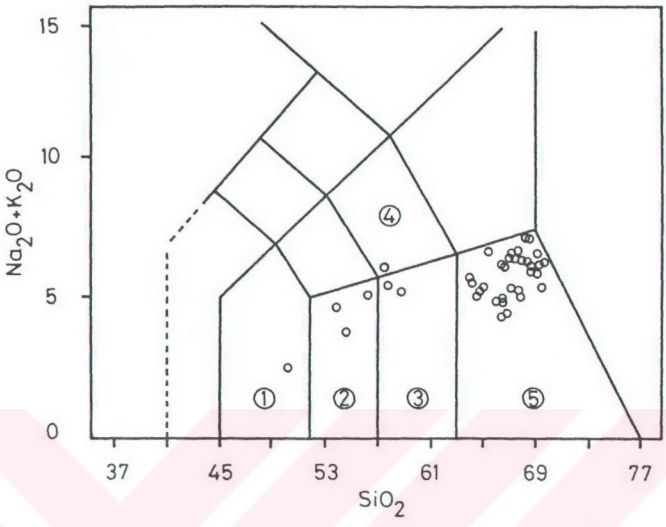
	G173	G17	G82	G75	G18	G68	G168	G125	G167	G90	G51	G20	G37	G84
SiO_2	66.50	68.30	64.80	65.80	68.68	67.62	66.38	68.20	65.00	67.80	64.40	65.20	67.62	66.50
TiO_2	0.33	0.30	0.35	0.34	0.29	0.22	0.74	0.30	1.33	0.23	0.12	0.42	0.20	0.35
Al_2O_3	15.39	14.87	15.52	16.41	14.48	14.92	15.73	14.21	16.19	14.87	16.08	15.78	14.75	15.49
Fe_2O_3	2.56	2.21	3.44	2.83	2.09	1.98	2.26	2.60	2.31	2.44	3.69	2.58	2.05	2.06
FeO	0.99	1.04	1.59	1.13	1.32	2.06	1.14	1.10	1.11	1.01	1.12	1.33	1.56	1.92
MnO	0.10	0.09	0.04	0.06	0.05	0.27	0.03	0.20	0.08	0.11	0.05	0.05	0.11	0.03
MgO	2.66	1.33	1.44	1.99	1.27	1.35	1.83	2.20	2.55	2.26	3.52	1.50	1.37	2.06
CaO	3.80	3.80	3.50	4.06	2.70	3.66	3.50	2.11	3.50	3.32	2.66	3.29	3.10	3.41
Na_2O	3.77	4.40	4.08	4.13	4.22	3.87	3.35	3.94	3.30	4.19	4.87	4.50	4.26	4.33
K_2O	2.55	2.10	1.30	0.75	1.92	0.65	1.70	3.56	2.17	1.00	0.30	2.51	1.14	0.58
P_2O_5	0.13	0.15	0.13	0.14	0.09	0.13	0.11	0.09	0.18	0.09	0.08	0.10	0.15	0.09
H_2O	1.15	0.75	2.51	1.08	1.33	1.89	1.66	1.32	1.16	0.93	1.85	0.90	1.58	2.10
Toplam	99.93	99.34	98.70	98.72	98.44	98.62	98.43	99.83	98.88	98.25	98.74	98.16	99.08	98.92
							C.I.P.W. Normları							
Q	23.18	25.67	26.82	27.64	29.22	31.06	30.47	24.12	26.71	29.38	24.21	20.47	29.74	28.38
C	0.00	0.00	1.35	1.76	0.77	1.51	2.28	0.25	2.48	1.07	3.10	0.00	1.23	1.75
Or	15.07	12.41	7.68	4.43	11.35	3.84	10.05	21.04	12.82	5.91	1.77	14.83	6.74	3.43
Ab	31.90	37.23	34.52	34.94	35.71	32.74	28.34	33.34	27.92	35.45	41.21	38.08	36.04	36.64
An	17.54	14.62	16.51	19.23	12.81	17.31	16.64	9.88	16.19	15.88	12.67	15.44	14.40	16.33
En	6.62	3.31	3.59	4.96	3.16	3.36	4.56	5.48	6.35	5.63	8.77	3.74	3.41	5.13
Fs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05	1.30
Mt	2.56	2.78	4.24	2.85	3.03	2.74	1.63	3.33	0.00	2.95	3.42	3.23	2.97	2.99
Il	0.63	0.57	0.66	0.65	0.55	0.42	1.41	0.57	2.52	0.44	0.23	0.80	0.38	0.66
Ap	0.31	0.36	0.31	0.33	0.21	0.31	0.26	0.21	0.43	0.21	0.19	0.24	0.36	0.21
Di	0.39	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00

TABLO: 5.5. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Asli element Kimyasal Analiz Sonuçları ve C.I.P.W. Normları (Devamı).

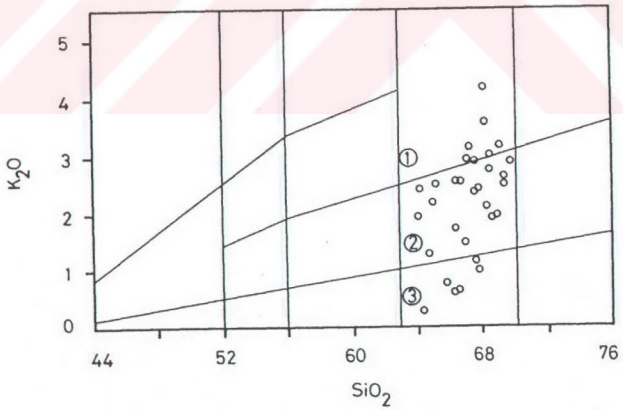
	G73	G4	G132	G70	G136	G28	G76	G176	C2	G97	G7	G123	G127
SiO_2	57.60	64.10	50.18	56.22	68.24	54.60	66.30	53.90	69.50	67.76	67.00	67.60	58.18
TiO_2	0.62	0.25	0.71	0.34	0.19	0.67	0.29	0.99	0.33	0.23	0.30	0.46	0.78
Al_2O_3	15.88	16.45	16.53	16.11	15.29	16.00	15.32	17.97	15.45	15.29	15.76	14.78	17.82
Fe_2O_3	2.97	2.69	10.60	3.30	1.77	6.24	2.67	5.38	1.50	1.54	2.53	2.51	4.22
FeO	1.58	1.20	1.01	1.09	1.08	2.65	1.03	1.85	1.28	1.10	1.11	1.07	1.09
MnO	0.02	0.05	0.04	0.03	0.04	0.21	0.02	0.31	0.52	0.11	0.07	0.06	0.03
MgO	6.13	2.16	3.63	5.47	1.32	4.97	3.21	3.82	0.99	2.33	1.53	2.58	4.83
CaO	4.76	3.78	9.00	5.46	2.10	7.00	2.74	6.72	2.69	3.10	3.36	1.70	4.64
Na_2O	3.32	3.86	2.10	3.39	3.72	2.92	3.79	3.56	3.01	4.40	4.07	4.40	3.19
K_2O	3.37	1.93	0.46	3.61	4.16	0.90	0.62	1.20	2.53	2.41	1.45	2.35	2.98
P_2O_5	0.07	0.08	0.11	0.07	0.08	0.14	0.11	0.12	0.15	0.06	0.13	0.16	0.54
H_2O	1.92	1.85	2.65	2.35	1.37	1.93	1.92	2.20	0.85	1.30	1.42	1.72	0.95
Toplam	98.24	98.40	97.02	97.44	99.36	98.23	98.02	98.02	98.80	99.63	98.73	99.39	99.25
						C.I.P.W. Normları							
Q	7.27	23.17	13.90	4.88	23.56	13.44	31.54	9.51	34.80	22.77	28.67	25.98	12.61
C	0.00	1.33	0.00	0.00	1.04	0.00	3.70	0.00	3.23	0.00	1.70	2.29	2.20
Or	19.91	11.40	2.72	21.33	24.58	5.32	3.66	7.09	14.95	14.24	8.57	13.89	17.61
Ab	38.09	32.66	17.77	28.68	31.48	24.71	32.07	30.12	25.47	37.23	34.44	37.23	26.99
An	18.47	18.23	34.32	18.08	9.90	27.89	12.87	29.51	12.36	14.85	15.82	7.39	19.49
En	15.27	5.38	9.04	13.62	4.56	12.38	7.99	9.51	2.47	5.80	3.81	6.43	12.03
Fs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	1.53	0.57	0.00	0.00	6.00
Mt	3.36	3.31	1.33	2.63	2.57	7.28	2.54	4.10	2.17	2.23	2.94	2.31	1.35
Il	1.18	0.47	1.35	0.65	0.36	1.27	0.55	1.88	0.63	0.44	0.57	0.87	1.48
Ap	0.17	0.19	0.26	0.17	0.19	0.33	0.26	0.28	0.36	0.14	0.31	0.38	1.28
Di	3.90	0.00	8.01	7.13	0.00	4.94	0.00	2.24	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00

TABLO: 5.5. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Asli Element Kimyasal Analiz Sonuçları ve C.I.P.W Normları (Devamı).

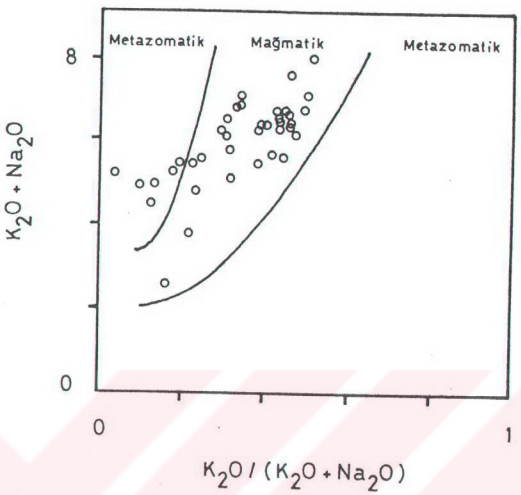
	G146	M3	M4	C3	C4	C1	M1	G156	C6	M2	M5
SiO_2	64.18	68.50	67.60	68.50	69.40	66.60	67.16	69.80	69.20	69.04	67.26
TiO_2	0.38	0.21	0.23	0.27	0.19	0.18	0.29	0.26	0.17	0.23	0.24
Al_2O_3	14.61	14.12	14.84	15.64	14.14	16.41	14.61	14.62	14.50	14.38	14.07
Fe_2O_3	4.12	1.68	2.34	0.52	1.31	1.74	1.82	1.80	0.46	1.74	1.98
FeO	2.17	1.13	0.99	1.57	1.59	1.04	1.09	0.98	1.85	1.10	0.12
MnO	0.08	0.08	0.07	0.06	0.08	0.07	0.06	0.04	0.08	0.04	0.08
MgO	2.16	1.84	1.98	1.86	1.92	1.46	1.43	1.38	1.11	1.33	1.16
CaO	4.06	2.67	2.52	2.81	2.52	2.45	2.79	2.66	2.94	2.80	2.24
Na_2O	3.22	3.45	3.59	3.32	3.66	3.72	3.72	3.52	3.54	4.06	3.58
K_2O	2.41	2.77	2.89	3.01	2.65	2.53	2.91	2.89	3.13	1.93	3.13
P_2O_5	0.08	0.06	0.09	0.13	0.12	0.05	0.06	0.09	0.07	0.10	0.11
H_2O	1.08	2.28	2.18	2.13	1.38	2.34	2.43	1.44	2.32	2.48	2.29
Toplam	98.55	98.79	99.32	99.82	98.96	98.59	98.37	99.48	99.37	99.23	96.26
					C.I.P.W. Normları						
Q	24.78	29.32	27.56	28.28	29.29	27.86	26.39	30.77	27.56	30.22	28.24
C	0.00	0.74	1.44	2.12	0.96	3.22	0.41	1.08	0.11	0.76	0.98
Or	14.24	16.37	17.08	17.79	15.66	14.95	17.20	17.08	18.50	11.40	18.50
Ab	27.24	29.19	30.38	28.09	30.97	31.48	31.48	29.78	29.95	34.35	30.29
An	18.29	12.85	11.91	13.09	11.72	11.83	13.45	12.61	14.13	13.24	10.39
En	5.38	4.58	4.93	4.63	4.78	3.64	3.56	3.44	2.76	3.31	2.89
Fs	0.10	0.49	0.00	2.12	1.67	0.31	0.13	0.00	2.88	0.28	0.00
Mt	5.97	2.44	2.75	0.75	1.90	2.52	2.64	2.54	0.67	2.52	0.00
Il	0.72	0.40	0.44	0.51	0.36	0.34	0.55	0.49	0.32	0.44	0.42
Ap	0.19	0.14	0.21	0.31	0.78	0.12	0.14	0.21	0.17	0.24	0.26
Di	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



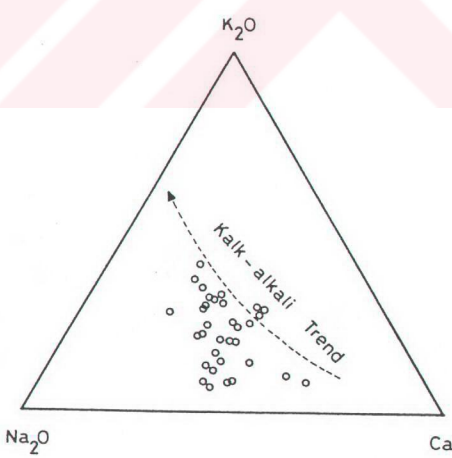
ŞEKİL: 5.25. İnceleme Alanında Yer Alan Kayaçların Le BAS ve Diğerlerinin (1986) Toplam Alkali-Silis Diağramında Konumu. 1:Bazalt,2:Bazaltik Andezit, 3:Andezit, 4: Traki andezit, 5:Dasit.



ŞEKİL: 5.26. İnceleme Alanında Yer Alan Dasitlerin PECCORILLO ve TAYLOR'un(1976)SiO_2-K_2O Diağramında Dağılımı, 1: Yüksek K-dasit, 2:Dasit, 3:Düşük K-dasit.

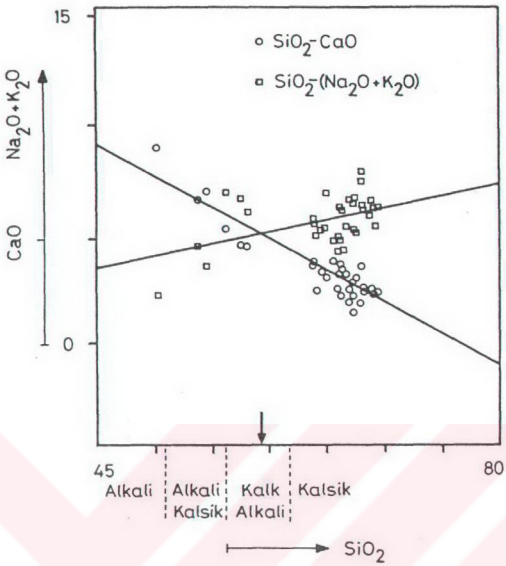


ŞEKİL: 5.27. İnceleme Alanı Kayaçlarının HUGHES'in (1973) ve MAC LEAN ve HOY'un(1991) Mağmatik-Metazomatik Spektrum Diağramında Dağılımı.



ŞEKİL: 5.28. İnceleme Alanı Kayaçlarının K_2O-Na_2O-CaO Üçgen Diağramında Seyri.

Na_2O ve K_2O dışında diğer tüm majör kimyasal analiz sonuçları, Harker diağramında negatif seyir içindedir. SiO_2 ile en kuvvetli negatif ilişkiyi -0.92 ve -0.81 korelasyonlar ile CaO ve MgO gösterir. SiO_2 ile Al_2O_3 ve TiO_2 arasında -0.70 ve -0.59 korelasyonlar ile ortaç bir negatif seyir vardır. SiO_2 ile P_2O_5 ve MnO arasında -0.23 ve -0.01 negatif korelasyonlar ile zayıf bir ilişki söz konusudur. SiO_2 ile en kuvvetli pozitif ilişkiyi 0.52 korelasyon ile Na_2O gösterir. Bunu 0.23 korelasyon katsayısı ile K_2O takip eder. K_2O-Na_2O-CaO üçgen diağramında belirgin bir saçınım gösterirler (Şekil 5.28). K_2O/Na_2O oranı açısından sodik karakterlidirler. Genel bir kalk alkali seyirden daha düşük K_2O/Na_2O oransal değerleri ile yayılım gösterirler. Andezit'ten dasit'e kadar kimyasal spektrum içinde değişim gösteren Güzelyayla civarındaki volkanik-subvolkanik kayaçların PEACOCK'un(1931) alkali-kalsiyum diağramındaki konumu Şekil 5.29'da gösterilmiştir. SiO_2-CaO arasında r=-0.92, SiO_2-(Na_2O+K_2O) arasında ise r=0.48 korelasyon katsayıları mevcuttur. Bu ilişkileri yansıtan regresyon doğrularının kesişim noktaları, alkali-kalsiyum indeksinde yaklaşık olarak 58'e karşılık gelir ve kalk-alkali alanı gösterir. Bu veri, inceleme alanı içinde yer alan kayaçların kalk-alkali bir jeokimyasal ortamda oluşturulduğunu ifade eder. Kimyasal analiz sonuçlarının IRVINE ve BARAGAR'ın(1971) kalk-alkali ve toleyitik seperasyonunda kullanılan AFM diağramına uyarlaması Şekil 5.30'da görüleceği üzere belirgin bir trend ile kalk-alkali ortamı yansıtmaktadır.



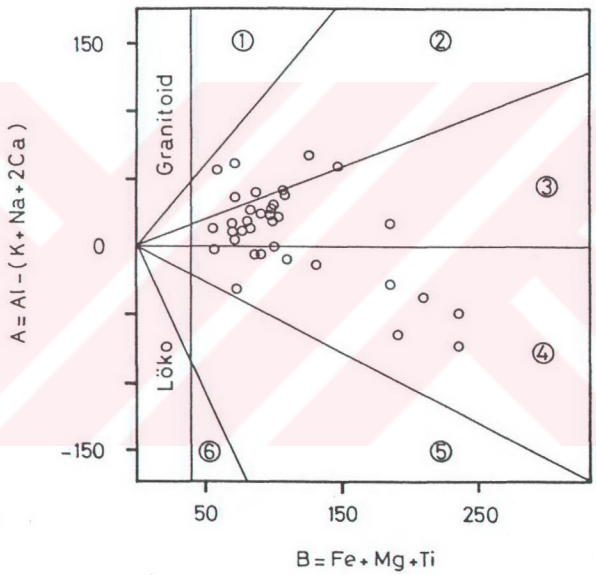
ŞEKİL: 5.29. İnceleme Alanında Yer Alan Kayaçların PEACOCK'un (1931) Alkali-Kalsiyum Diağramında Konumu.



ŞEKİL: 5.30. Güzelyayı Civarı Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının IRVINE ve BARAGAR'ın (1971) AFM Diağramında Yayılımı.

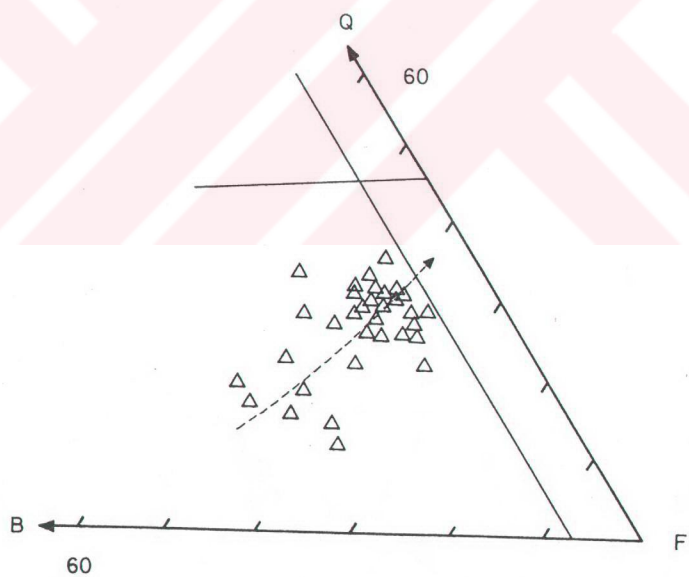
5.6.1. Kimyasal Mineralojik Özellikler

Güzelyayla sahasından derlenen örnekler, DEBON ve LE FORT'un(1982) karakteristik mineral diağramında çoğunluğu 3 numaralı sektörde olmak üzere 2,3 ve 4 nolu bölgelerde yayılım gösterirler (Şekil 5.31). İzleneceği üzere, bu şekilde egemen olan mineral sahası örneklerin

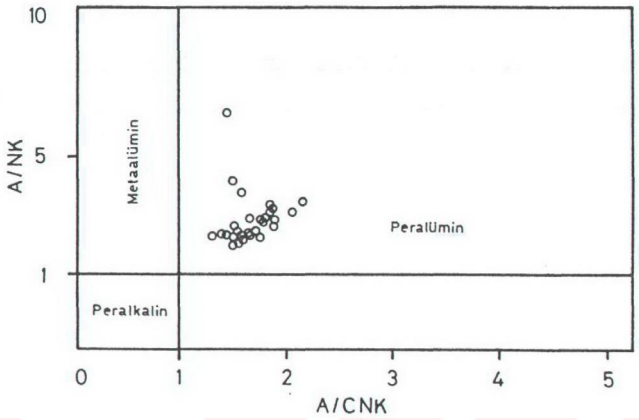


ŞEKİL: 5.31. İnceleme Alanında Yer Alan Kayaç Örneklerinin DEBON ve LE FORT'un(1982) Karakteristik Mineral Diağramında Dağılımı 2:Bi>Mu, 3:Bi, 4:Bi+Amf$^{\pm}$Kpr.

yaklaşık olarak % 65'ni kapsamında bulunduran 4 numuralı biotit sektörüdür. Potasik alterasyonun hakim olduğu alanlarda izlenen ikincil biotitlerin oransal miktarı ile, örneklerin söz konusu bölgede kümelenmesi arasında karşılıklı ilişkinin olduğu kaçınılmazdır. Metaalümin' den peralümin'e kadar bir değişim aralığı içinde yayılım gösteren örneklerin B ve A parametreleri arasında, A= 53.16-0.39B regresyon doğrusu ve r=-0.59 negatif korelasyon katsayısıyla kafemik kayaç topluluğunun karakteristik özellikleri hakim durumdadır. Q-B-F üçgen diağramında, kafemik kayaç topluluğuna ait örnekler bu grubun tipik kalk-alkali alt bölümü ile de aynı zamanda karakterize olurlar (Şekil 5.32). Kayaçların alüminyum karakteri, Şekil 5.33'de yeralan Shand indeksi diağramından da izleneceği üzere pozitif bir seyir ile peralüminlidir.



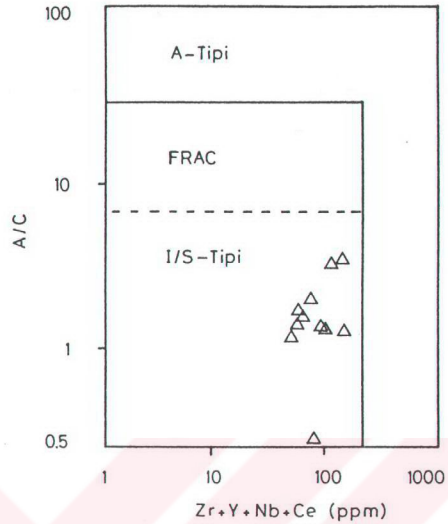
ŞEKİL: 5.32.İnceleme Alanı Kayaçlarının Q-B-F Üçgen Diağramında Dağılımı.



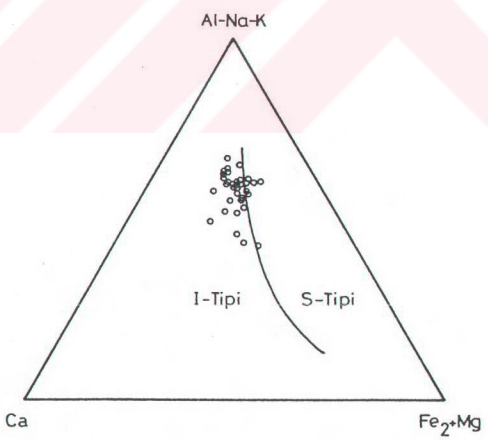
ŞEKİL: 5.33. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Karakterli Kayaçlarının Shand İndeksi Diağramı.

5.6.2. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik-Karakterli Kayaçlarının I-S Tipi Granitoid Ayırımı Kapsamında Gözden Geçirilmesi

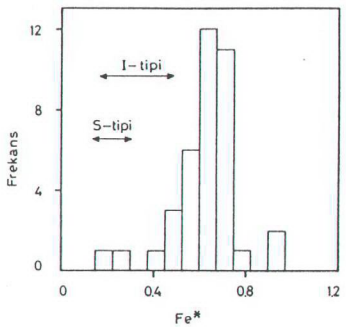
Granitoid bileşimli plütonik kayaçların I-S tipi ayrımında kullanılan temel kriterler, bu tür kayaçların subvolkanik ve volkanik eşdeğerli kayaçları içinde uygulanabilir sonuçlar verir. Güzelyayla porfiri bakır sahasında bulunan andezit-dasit bileşimli kayaçlar WHALEN ve diğerlerinin(1987) diskriminasyon diağramında I/S tipi granioid sahasında yer alırlar (Şekil 5.34). I ve S-tipi ayırımını saptamak için kimyasal analiz sonuçları CHAPPELL ve WHITE'ın(1974) kriterlerine göre değerlendirilmiş ve inceleme alanında yayılım gösteren kayaçların büyük bir çoğunlukla I-tipi granitoid karakteri gösterdiği ortaya çıkmıştır. Veriler bu ifadeyi TAKAHASHI ve diğerlerinin(1980) ACF üçgen diağramındaki dağılımları ile de destekler görünümdedir (Şekil 5.35).



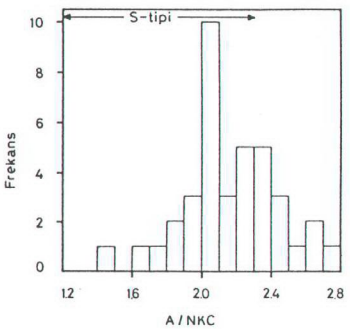
ŞEKİL: 3.34. İnceleme Alanı İçinde Yer Alan Kayaçların WHALEN ve Diğerlerinin (1987), Diskriminasyon Diağramında Konumu. FRAC: Fraksinasyona Uğramış I-S Tipi Granitoidler.



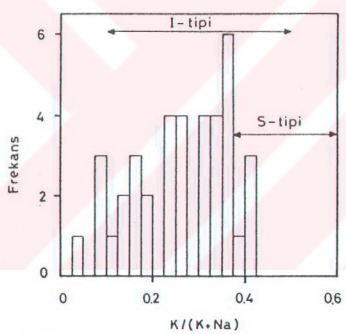
ŞEKİL: 3.45. İnceleme Alanında Yer Alan Kayaçların TAKAHASHI ve Diğerlerinin(1980), ACF Üçgen Diağramında Dağılımı.



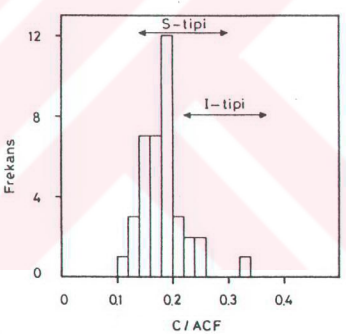
(a)



(b)



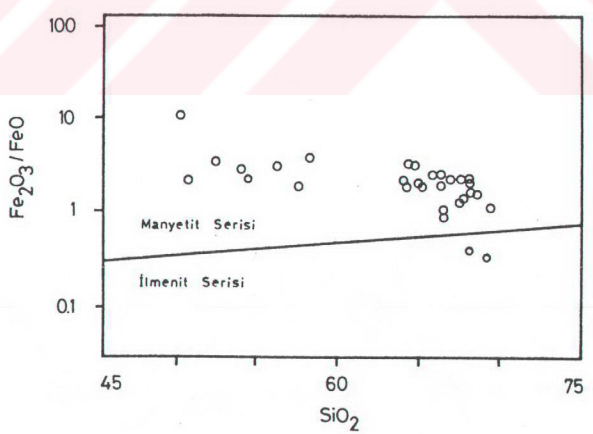
(c)



(d)

ŞEKİL: 5.36. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçların
a) Atomik $Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$,
b) Molar $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$,
c) Atomik K/(K+Na) ve
d) Molar C/ACF Frekans Diağramları.
($Fe^*=Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$).

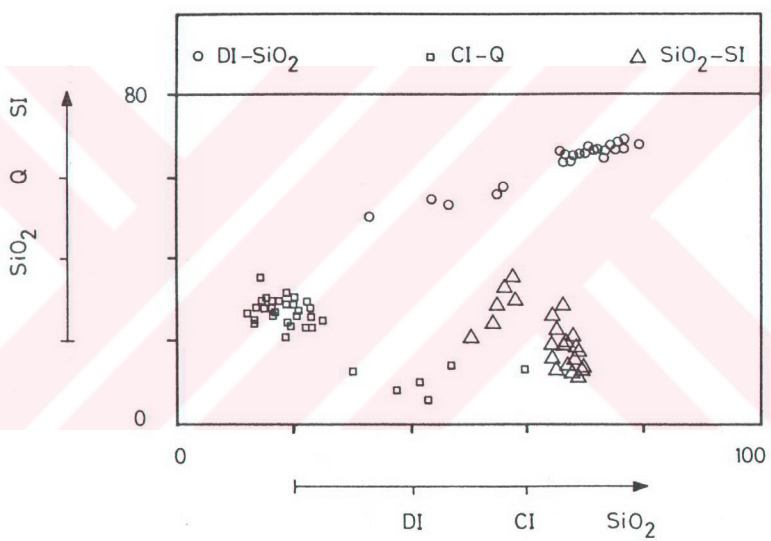
Kayaçların I-S tipi ayrımında kullanılan molar ve atomik kriterler gözönüne alındığında, $Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$ ve K/(K+Na) oranları açısından I-tipi, C/ACF ve A/CNK oransal değerleri açısından ise daha çok S-tipi granitoid karakterinin hakim olduğu görülür (Şekil 5.36). Dikkat edileceği üzere molar değerler inceleme alanındaki kayaçlara S-tipi karakter kazandırmaktadır. Alterasyona bağlı olarak alkalilerde gelişen bir miktar göç, alüminyum'un zenginleşmesine yol açar. Bu sahada izlenen S-tipi karakterin başlıca nedeni kanımızca buradan kaynaklanmaktadır. Manyetit ve ilmenit minerallerini kapsamında bulunduran inceleme alanı kayaçlarının $Fe^{+3}/Fe^{+3}+Fe^{+2}$ oransal miktarları ile ilişkili sıklık diağramı (Şekil 5.36.a), ilmenit serisine oranla daha fazla oranda okside olan ve manyetit minerallerini egemen bir şekilde içeren manyetit serisi granitoidlerinin karakteristik özelliklerine uyan bir dağılım göstermektedir. Bu gözlem verilerin LEHMANN ve HARMANTO'nun(1990) $Fe_2O_3/FeO-SiO_2$ ikili diağramında hemen hemen tümü ile manyetit serisi alanda kümelenmesi ile de anlam kazanmaktadır (Şekil 5.37).



ŞEKİL: 5.37. İnceleme Alanı Kayaçlarının LEHMANN ve HARMANTO'nun(1990) Manyetit-İlmenit Serisi Seperasyon Diağramında Konumu.

5.7. Güzelyayla Volkanik-Sulvolkanik Kayaçlarının Kristalizasyon, Diferansiyasyon ve Katılaşma İndeksleri

Güzelyayla porfiri bakır sahasında yer alan volkanik-subvolkanik karakterli ve andezit-dasit bileşimli kayaçların diferansiyasyon, kristalizasyon ve katılaşma indeksleri karşılaştırmalı olarak Şekil 5.38'te verilmiştir.



ŞEKİL: 5.38. İnceleme Alanı Civarı Volkanik-Subvollanik Karakterli Andezit-Dasit Bileşimli Kayaçlarının Diferansiyasyon Kristalizasyon ve Katılaşma İndekslerinin Karşılıklı Olarak Değişimi.

Kayaçlar, artan mormatif kuvars(7.27-34.80) ve azalan kristalizasyon indeksi(57.94-11.89) değerleri ile negatif bir trend sergilerler. Dağılımın belirgin bir kümelenme ile kesintili bir seyir izlemesi, kristalizasyonun fasılası olarak devam ettiğini ortaya koyar. Artan SiO_2 içeriğine (54.60-69.50) bağlı olarak gelişen diferenasiyasyon indeksi (34.38-79.61), 1.00'e yakın bir korelasyon katsayısı (r=0.97) ile lineer bir dağılım gösterir. Artan SiO_2 içeriği (54.60-69.50) ve azalan katılaşma indeksi değerleri (35.29-10.63) arasında r=-0.66 korelasyon katsayısı ile negatif bir seyrin varlığı, aynı zamanda iki ayrı kesimde gözlenen kümelenme ile de farklı süreçlerdeki katılaşma proseslerinin inceleme alanında yaşandığını ifade eder.

5.8. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Niggli Parametreleri ve Uygulamaları

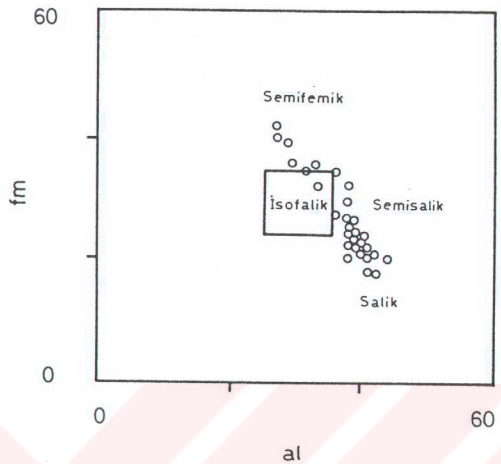
Güzelyayla porfiri bakır sahasından alınan kayaç örneklerinin hesaplanan Niggli parametreleri Tablo 5.6' da verilmiştir. al-fm Niggli parametrelerine ait ilişki Şekil 5.39'dan da izleneceği üzere r=-0.92 korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir trend sergiler. Bu trend salik bölgeden isofalik ve semifalik bölgeye kadar değişim gösterir. Bu da inceleme alanındaki kayaçların salik, isofalik ve semifemik olmak üzere üç ayrı mağmadan teşkil edildiğini ifade eder. Verilerin lineere yakın bir hat boyunca devamlılığı, en azından mağmasal getirinin sürekliliğini işaret eder. k-mg parametreleri (Şekil 5.40), belirgin bir saçınıma rağmen daha çok pasifik tipe ait mağmatik provensin varlığını göstermektedir. Bu da Güzelyayla civarındaki volkanik-subvolkanik karakterli kayaçların kalk-alkali bir mağmanın ürünü olduğunu yansıtır. Şekil 5.41'deki al-alk diağramından da izleneceği üzere örnekler alkalice fakir, alkalice vasat ve alkalice

TABLO: 5.6. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarına Ait Niggli Parametreleri.

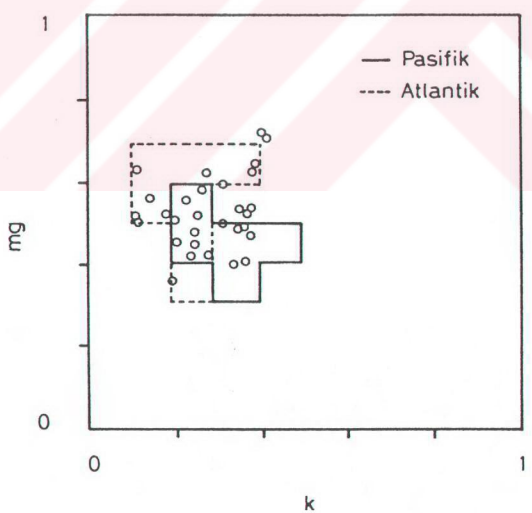
Kayaç No.	al	fm	alk	c	si	k	mg	ti	p	w	si'	qz	si°	az	c/fm
G173	35.95	26.97	20.94	16.14	263.64	0.31	0.59	0.98	0.22	0.70	183.74	79.90	1.43	0.73	0.60
G17	38.05	19.94	24.34	17.68	269.59	0.24	0.44	0.98	0.28	0.66	197.35	99.24	1.50	0.75	0.89
G82	38.46	25.64	20.12	15.77	272.53	0.17	0.35	1.11	0.23	0.66	180.48	92.05	1.51	0.73	0.61
G75	39.32	24.77	18.22	17.69	267.57	0.11	0.49	1.04	0.24	0.69	172.90	94.67	1.55	0.73	0.71
G18	39.69	21.60	24.89	13.55	321.66	0.23	0.41	1.02	0.18	0.59	199.57	122.09	1.61	0.76	0.63
G68	39.49	24.19	18.71	17.61	299.23	0.10	0.39	0.74	0.25	0.45	174.85	124.38	1.71	0.75	0.73
G168	40.73	23.76	19.03	16.48	291.69	0.25	0.51	2.45	0.20	0.64	176.14	115.56	1.66	0.74	0.69
G125	36.33	27.44	26.42	9.81	295.90	0.37	0.53	0.98	0.17	0.68	205.69	90.22	1.44	0.75	0.36
G167	39.09	26.77	18.78	15.36	266.31	0.30	0.59	4.10	0.31	0.65	175.11	91.21	1.52	0.73	0.57
G90	37.83	26.52	20.29	15.36	292.74	0.14	0.56	0.75	0.16	0.68	181.16	111.58	1.62	0.75	0.58
G51	36.11	34.31	18.72	10.86	245.44	0.04	0.59	0.34	0.13	0.75	174.88	70.56	1.40	0.71	0.32
G20	38.55	22.11	24.72	14.61	270.34	0.27	0.42	0.31	0.18	0.64	198.90	71.45	1.36	0.73	0.66
G37	39.78	22.80	22.23	15.20	309.46	0.15	0.42	0.69	0.29	0.54	188.90	120.56	1.64	0.76	0.67
G84	38.68	26.49	19.35	15.48	281.79	0.08	0.49	1.12	0.16	0.49	177.41	104.38	1.59	0.74	0.58
G73	28.76	39.07	16.50	15.67	177.05	0.40	0.72	1.43	0.09	0.63	155.99	11.05	1.07	0.64	0.40
G4	38.77	25.15	19.89	16.20	256.35	0.25	0.52	0.75	0.14	0.67	179.55	76.81	1.43	0.72	0.64
G132	27.07	39.65	6.47	26.80	139.48	0.13	0.38	1.48	0.13	0.90	125.90	13.54	1.11	0.58	0.68
G70	29.21	35.60	17.19	18.00	172.97	0.41	0.71	0.79	0.90	0.73	168.77	4.19	1.02	0.63	0.51
G136	40.02	22.19	27.80	9.99	303.09	0.42	0.55	0.63	0.15	0.60	211.20	91.89	1.44	0.65	0.45
G28	27.07	22.56	9.78	21.53	156.77	0.17	0.52	1.45	0.17	0.68	139.10	17.67	1.13	0.61	0.52
G76	38.08	32.36	17.17	12.38	279.70	0.10	0.63	0.92	0.20	0.70	168.67	111.04	1.66	0.74	0.38
G176	31.56	34.42	12.56	21.45	160.63	0.18	0.50	2.22	0.15	0.72	150.26	10.37	1.07	0.62	0.62

TABLO: 5.6. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarına Ait Niggli Parametreleri (Devamı).

Kayaç No.	al	fm	alk	c	si	k	mg	ti	p	w	si'	qz	si°	az	c/fm
C2	44.13	19.94	21.96	13.97	336.85	0.36	0.40	1.20	0.31	0.51	187.85	149.00	1.79	0.77	0.70
G97	37.89	23.74	24.40	13.97	284.98	0.26	0.63	0.73	0.11	0.56	197.61	87.37	1.44	0.74	0.59
G7	40.50	22.56	21.24	15.70	292.22	0.19	0.45	0.98	0.24	0.67	184.96	107.26	1.58	0.75	0.70
G123	37.91	29.07	25.09	7.93	294.25	0.26	0.58	0.51	0.29	0.68	200.36	93.89	1.47	0.75	0.27
G127	33.05	35.60	15.71	15.64	183.10	0.38	0.64	1.85	0.72	0.78	162.85	20.25	1.12	0.65	0.44
G146	33.34	31.77	18.04	16.85	248.58	0.33	0.40	1.11	0.13	0.63	172.17	76.41	1.44	0.71	0.53
M3	39.04	23.55	23.98	13.42	321.43	0.35	0.55	0.74	0.12	0.57	195.93	125.50	1.64	0.76	0.57
M4	39.10	25.05	23.80	12.07	302.24	0.35	0.53	0.77	0.17	0.68	195.20	107.04	1.55	0.75	0.48
C3	42.10	20.68	23.47	13.75	312.91	0.37	0.62	0.93	0.25	0.23	193.88	119.03	1.61	0.76	0.66
C4	38.73	24.38	24.35	12.55	322.58	0.32	0.55	0.66	0.24	0.43	197.39	125.19	1.63	0.76	0.51
C1	44.10	20.13	23.80	11.97	303.72	0.31	0.50	0.62	0.10	0.60	195.21	108.51	1.56	0.75	0.56
M1	40.00	20.74	25.38	13.89	312.04	0.34	0.48	1.01	0.12	0.60	201.51	110.53	1.55	0.76	0.67
G156	41.05	20.32	25.04	13.58	332.63	0.35	0.49	0.93	0.18	0.62	200.18	132.45	1.66	0.77	0.67
C6	41.20	17.43	26.17	15.19	333.71	0.37	0.47	0.62	0.14	0.18	204.70	129.01	1.63	0.77	0.87
M2	40.57	20.33	24.74	14.36	330.57	0.24	0.47	0.83	0.20	0.59	198.95	131.62	1.66	0.77	0.71
C5	42.42	17.33	27.97	12.28	344.15	0.37	0.52	0.92	0.24	0.94	211.88	132.27	1.62	0.77	0.71

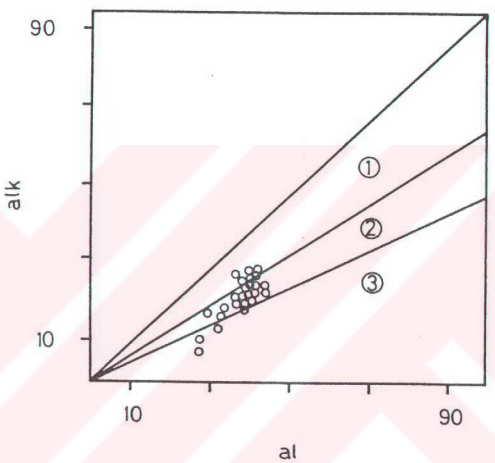


ŞEKİL: 5.39. İnceleme Alanı Kayaçlarının al-fm Diağramında Dağılımı.



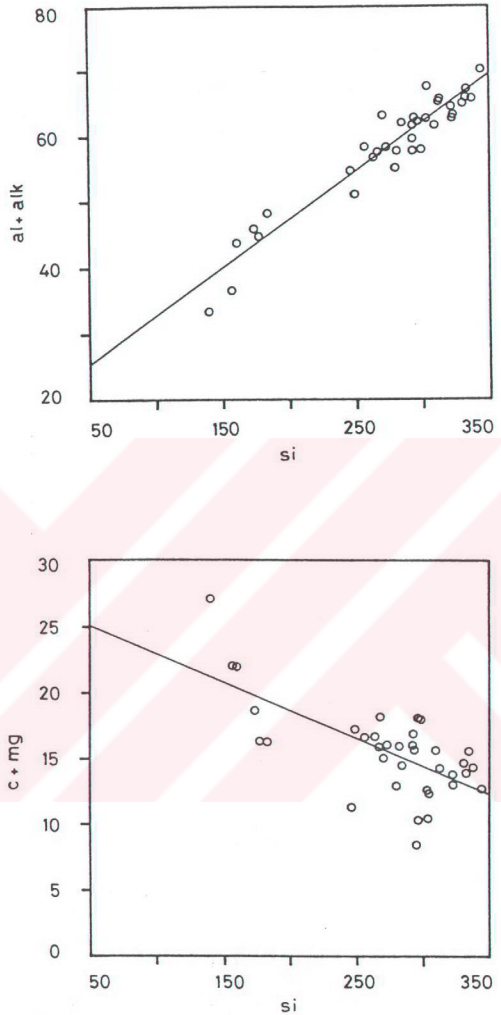
ŞEKİL: 5.40. İnceleme Alanı Kayaçlarının k-mg Diağramında Konumu.

zengin bölgeler arasında yayılım gösterirler. Noktalar daha çok alkalice vasat sektörde kümülenme teşkil ederler. Bu da çalışma alanındaki kayaçların alkalice vasat bir mağmadan türediğini işaret eder. si'nin fonksiyonu olarak al+alk ve c+mg parametre ilişkileri Şekil 5.42'de gösterilmiştir.



ŞEKİL: 5.41. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Karakterli Kayaçlarının al-alk Diağramı.
1:Alkali'ce zengin,
2: Alkalice vasat,
3: Alkali'ce fakir.

Artan si ile al+alk, r=0.95 korelasyon katsayısı ile pozitif seyir içindedir (Şekil 5.42.a). Öte taraftan artan si'e bağlı olarak c+mg, r=-0.68 korelasyon katsayısı ile negatif bir ilişki içindedir (Şekil 5.42'b). Her iki durumda da verilerin lineer bir hat boyunca dağılmış olması, kayaçların normal bir diferansiyasyon trendini



ŞEKİL: 5.42. İnceleme Alanı Kayaçlarının
a) si-(al-alk),
b) si -(c+mg) Parametre Diağramları.

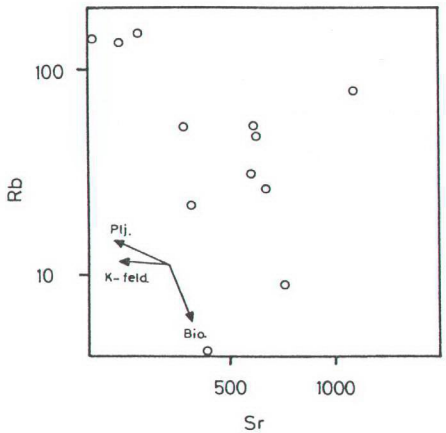
izlediğini ifade eder. İnceleme alanında volkanik-subvolkanik karakterli ve andezit-dasit bileşimli kayaçların Niggli'nin Si,al, fm, c, alk, k, mg ve c/fm parametre ilişkilerine göre değerlendirilmesi durumunda, söz konusu kayaçlara vücut veren ana mağmanın kalk-alkali granitik bir mağma olduğu anlaşılır.

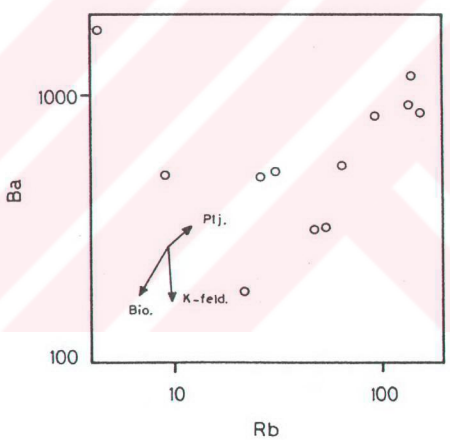
5.9. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik-Kayaçlarının İz Element Jeokimyası

Güzelyayla porfiri bakır sahasından alınan 12 adet kayaç örneğinin iz ve bazı nadir toprak elementlerine ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 5.7'de verilmiştir. Ba, Rb, ve Sr arasındaki sistematik ilişkiler bir diferansiyasyon modeli ile uyum içindedir. Şekil 5.43.a'da gösterilen Sr-Rb ve Şekil 5.43.b'de gösterilen Rb-Ba ilişkileri, inceleme alanında yer alan kayaçların plajyoklaz-biotit fraksinasyonunu takip ettiğini açık bir şekilde ortaya koyar. Kondrite göre normalize edilmiş andezit, cevherli dasit ve cevhersiz dasitlere ait kayaç örneklerinin iz element dağılımı Şekil 5.44'de gösterilmiştir. Normalize değerleri THOMPSON ve diğerlerinden (1984) alınmıştır. Cevhersiz dasitler Rb, Th ve K gibi büyük iyon litofil elementleri açısından zenginleştirilirken Sr bir miktar tüketilmiştir. Hafif nadir toprak elementlerinden Ce zenginleşmiş, buna karşın La hafif oranda tüketilmiştir. Ta, Nb, Ti ve Y gibi yüksek alan gücündeki iz elementler genelde zenginleşme seyri gösterirken Zr, muhtemelen Zr ayrılımından ötürü bir miktar tüketilmiştir. Cevherli dasitler, cevhersiz dasitlere oranla büyük iyonik çapa haiz litofil elementler tarafından tüketilmiştir. Alkali göçüne bağlı olarak hidrotermal alterasyon, muhtemelen cevherli dasitlerin bünyesindeki söz konusu elementleri bir miktar tüketmiştir. Ta, Nb, Ti ve Y gibi yüksek alan iyon gücündeki

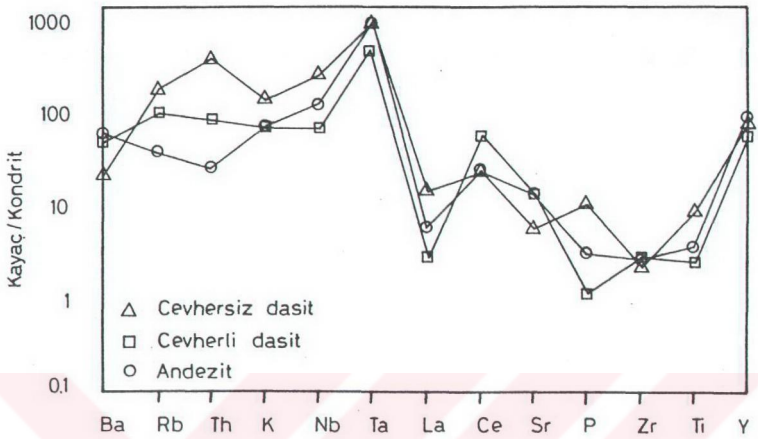
TABLO: 5.7. İnceleme Alanı Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarına Ait İz Element Analiz Sonuçları (ppm).

Kayaç No.	Th	Sr	Ca	La	Ba	K	Zr	Y	Nb	Ce	Rb	Ti
G7	3	578	24000	19	516	12100	8	5	1	49	31	1800
G18	3	598	19300	11	317	11500	27	4	1	44	47	1400
G37	4	586	20000	19	322	6500	20	4	1	34	54	1200
G68	5	715	23900	28	506	4600	21	7	2	20	9	1700
G82	5	635	22500	20	493	9300	21	4	1	32	26	1500
G100	6	431	26900	30	812	40200	36	21	1	36	114	4100
G125	12	202	15100	27	1176	29600	91	18	4	31	141	1800
G127	10	1178	33200	48	837	21800	110	11	3	29	94	4700
G132	4	393	63400	13	186	2200	41	17	1	20	22	4300
G146	7	276	24900	21	258	13600	62	19	1	20	152	2300
C1	11	245	14000	26	919	22200	72	17	5	20	135	1300





ŞEKİL: 5.43. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Karakterli Kayaçlarının Logaritmik a) Sr-Rb, b) Rb-Ba İlişkileri. Fraksinasyon Vektörleri Mc CARTHY ve HASTY (1976) ve TINDLE ve PEARCE'dan (1981) alınmıştır.

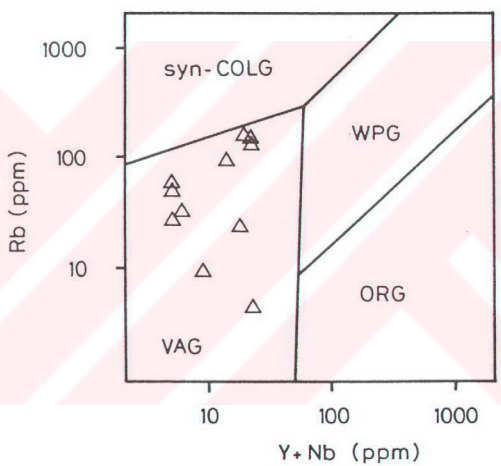


ŞEKİL: 5.44. İnceleme Alanı Kayaçlarında Kondrit'e Göre Normalize Edilmiş İz Element Dağılımı.

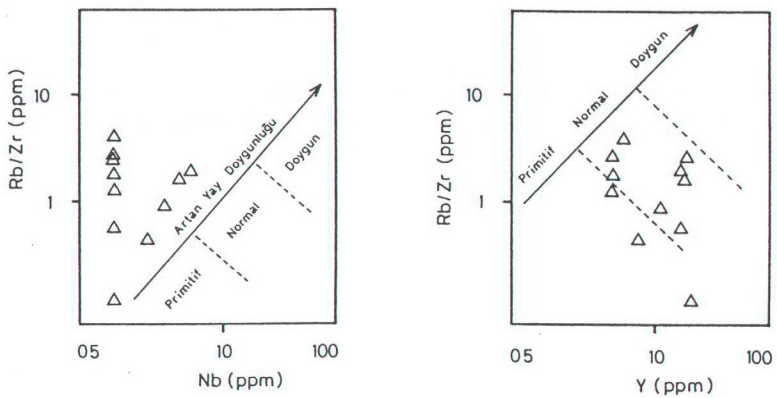
elementler ile Ce gibi hafif nadir toprak elementi açısından zenginleşmiş La açısından ise tüketilmiştir. Andezit bileşimli kayaçlar büyük iyonik çaplı litofil elementler açısından tüketilmiş, yüksek alan iyin gücündeki elementler açısından ise göreceli olarak zenginleşmiştir.

Yüksek alan iyon gücündeki elementlerin çalışma sahası içinde yer alan kayaçlarda zengileşmesi, bir plaka içi manto kaynağından etkilenmenin söz konusu olabileceğini ortaya koymaktadır. Cevhersiz dasitlerde izlenen büyük iyon litofil element zenginleşmesine karşın cevherli dasit ve andezitlerde gözlenen göreceli tüketilme miktarları, kayaçların normal kalk-alkali kıtasal yay ortamlarından primitif kalsik yay ortamlarına doğru bir geçiş gösterdiğini ifade eder. Güzelyayla porfiri bakır

sahasında yer alan kayaçlar PEARCE ve diğerlerinin(1984) (Y+Nb)-Rb tektonik diskriminasyon diağramında volkanik yay granitoidlerinin yer aldığı kesimde dağılım gösterirler (Şekil 5.45). Nb-(Rb/Zr) ve Y-(Rb/Zr) iz element diağramları (Şekil5.46.a,b), kayaçların primitif ve normal bir yay doyğunluğu ortamlarında gelişmiş olabileceğini vurgular.



ŞEKİL: 5.45. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Andezit-dasit Bileşimli Kayaçlarının PEARCE ve Diğerlerinin (1984),(Y+Nb)-Rb Tektonik Diskriminasyon Diağramında Konumu.



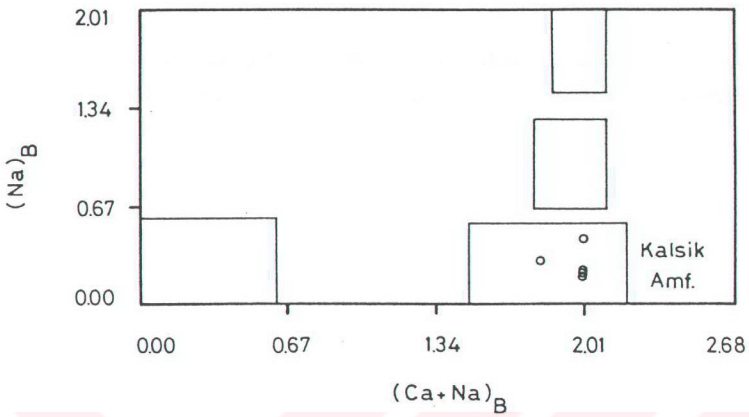
ŞEKİL: 5.46. İnceleme Alanı Kayaçlarının Yay Doygunluğunu Gösteren a) Nb-Rb/Zr, b) Y-Rb/Zr Diağramları.

5.10. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Amfibol Kimyası ve Termobarometre

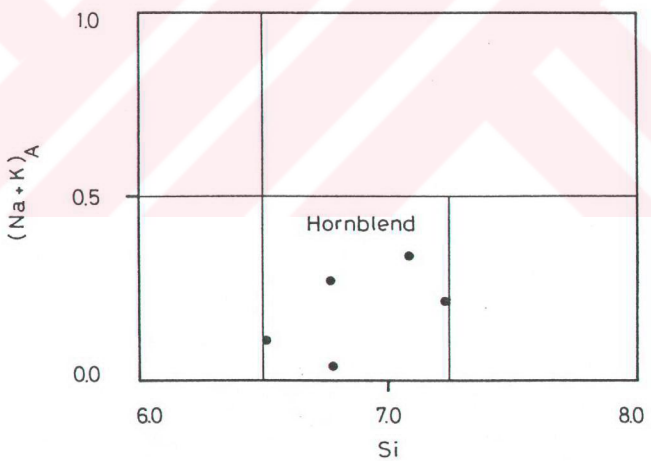
Güzelyayla porfiri bakır sahasında yeralan andezit-dasit bileşimli kayaçların amfibollerine ait mikroprob kimyasal analiz sonuçları, 23 oksijen bazına göre hesaplanan atomik oranlarıile birlikte Tablo 5.8'de verilmiştir. B kenarı itabarı ile, Ca+Na'a karşı Na diağramında kalsik amfibol alanında dağılım gösterirler (Şekil 5.47). Al_2O_3 içeriği 4-10, SiO_2 içeriği 45-49 ve $Mg/Mg+Fe^{+2}$ oranı 0.63-0.97 arasında değişen kalsik amfiboller, VYHNAL ve diğerlerinin(1991) kalsik amfibol sınıflama diağramında pozitif bir seyir ile hornblend alanında yer alırlar(Şekil 5.48). Ti ve A kenarına göre Na+K değerleri 0.5'den küçük olduğundan, LEAKE'in(1978) kalsik amfibol sınıflama diağramında tümüyle mağnezyo-hornblend alanında kümelenirler.

TABLO: 5.8. Güzelyayla Andezit-Dasit Bileşimli Kayçlarının Amfibollerine Ait Mikroprob Analizleri ve 23 O Bazına Göre Hesaplanmış Atomik Miktarları.

	TA1	TA2	TA3	TA4	TA5
SiO_2	48.03	49.41	45.88	48.21	45.45
TiO_2	1.21	0.72	0.26	0.87	0.68
Al_2O_3	5.89	4.69	9.00	9.14	10.29
FeO	16.18	15.33	17.68	12.58	13.51
MnO	0.68	0.66	0.66	0.99	0.89
MgO	12.10	13.38	10.81	14.42	13.92
CaO	11.17	11.49	11.34	10.02	10.11
Na_2O	1.72	1.31	1.35	1.10	1.74
K_2O	0.42	0.29	0.47	2.20	0.41
Toplam	97.40	97.28	97.45	97.53	97.00
Si	7.09	7.23	6.77	6.78	6.50
Al^{IV}	0.91	0.77	1.23	1.22	1.50
$\sum$ T kenarı	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al^{VI}	0.12	0.04	0.33	0.29	0.24
Fe^{+3}	0.42	0.54	0.79	1.40	1.46
Ti	0.13	0.08	0.03	0.09	0.07
FM	4.33	4.34	3.85	3.03	3.23
$\sum$ C kenarı	5.00	5.00	5.00	4.81	5.00
Ca	1.77	1.80	1.79	1.51	1.55
Na	0.23	0.20	0.21	0.30	0.45
$\sum$ B kenarı	2.00	2.00	2.00	1.81	2.00
Na	0.26	0.17	0.18	0.00	0.03
K	0.08	0.05	0.09	0.04	0.08
$\sum$ A kenarı	0.34	0.22	0.27	0.04	0.11
Toplam	15.34	15.22	15.27	14.85	15.11



ŞEKİL: 5.47. Amfibollerin B Kenarı İtibarı İle Ca+Na'a Karşı Na Diağramında Sınıflandırılması.



ŞEKİL: 5.48. Kalsik Amfibollerin Si'e Karşılık $(Na+K)_A$ Diağramında Sınıflandırılması.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

JOHNSON ve RUTHERFORD'un (1989) kristalizasyon basıncı ile ilişkili kalibrasyon eşitliği, Güzelyayla volkanik-subvolkanik andezit-dasit bileşimli kayaçlarının yerleşiminin ortalama olarak $2.72^{\pm}0.5$ kbar'lık bir kristalizasyon basıncı altında geliştiğini ortaya koyar. Söz konusu kayaçlar BLUNDY ve HOLLAND'ın(1990) jeotermometre eşitliklerine göre yaklaşık olarak $682^{\pm}75^{o}C$ sıcaklıkta duraylı hale gelmişlerdir.

BÖLÜM 6. CEVHER MİNERALOJİSİ

İnceleme alanında yer alan cevher minerallerinin ayrıntısına girmeden önce, porfiri granitoidlerin cevherli ve cevhersiz olarak değerlendirilmesinde önem arz eden bir kaç Jeokimyasal faktörün ele alınmasının,çalışmaya ışık tutacağı kanısındayız.

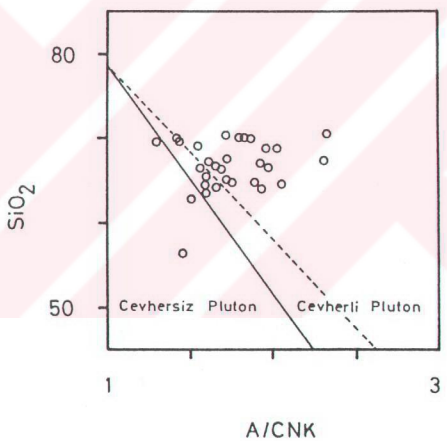
6.1. Porfiri Granitoidlerde Cevherli-Cevhersiz Plüton Kriteri

HOLLAND(1972),bir granitik mağmada yeterli oranda H_2O ve çözülmüş klor iyonlarının bulunması halinde,bunların metalleri granitik eriyikten ayırarak bünyesine alabileceğini ve postmağmatik cevher yatağı oluşturabileceğini belirtmiştir. Granitik bir mağmanın kristallenmesi sırasında gerek eriyik gerekse kristalin fazda bakır daha ziyade oktaedrik kenarları tercih eder. BURNS ve FFYE (1964) mağmanın $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ oranının eriyikteki oktaedrik kenar sayısı ile orantılı olduğunu belirtmiştir. Bu durumda denebilir ki, granitoid bileşimli kayaçlarda yüksek A/CNK oranı, aynı zamanda o kayaçları teşkil eden eriyikte de daha fazla oranlarda oktaedrik kenar sayısı anlamına gelecektir. Böylece eriyikte daha yüksek oranlarda bakır alıkonacak ve dolayısıyla da hidrotermal evrede bakırın hala eriyik içinde bulunmasından ötürü, bir porfiri bakır mineralizasyonun oluşma olasılığı da daha da artacaktır. FEISS(1978), yüksek bir A/CNK oranının eriyikteki otkaedrik kenarları arttırmasından ötürü, epizonal granitik kayaçların porfiri bakır tipi mineralizasyon için oldukça önemli yerler teşkil edebileceğine dikkat çekmiştir.

Bu amaçla, Amerika Birleşik Devletlerinin porfiri kuşağında yer alan Laramid intrüzyonlarını A/CNK-SiO_2 diağramında test istatistiği ile belirlediği bir sınırla, mineralize olan ve mineralize olmayan plütonlar diye tefrik etmiştir.

6.1.1. Balcılı Granitoidlerinin Mineralizasyon Karakteri

Balcılı granitoidlerinin alüminyum doygunluk indekslerinin SiO_2 içeriğine bağlı olarak değişimleri, FEISS'in(1978) ayırım doğrusu ile birlikte Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Şekilde gösterilen kesikli doğru, tarafımızdan önerilen ayırım doğrusunu ifade etmektedir.



ŞEKİL: 6.1. Balcılı Porfiri Bakır Yatağının FEISS'in(1978) Cevherli-Cevhersiz Plüton Diağramında Konumu.

Zira, cevherleşmeye uğramamışancak yüzeysel etmenler ile hareketli hale geçen alkali ve toprak alkali elementlere oranla bir miktar yerinde alüminyum zenginleşmesi

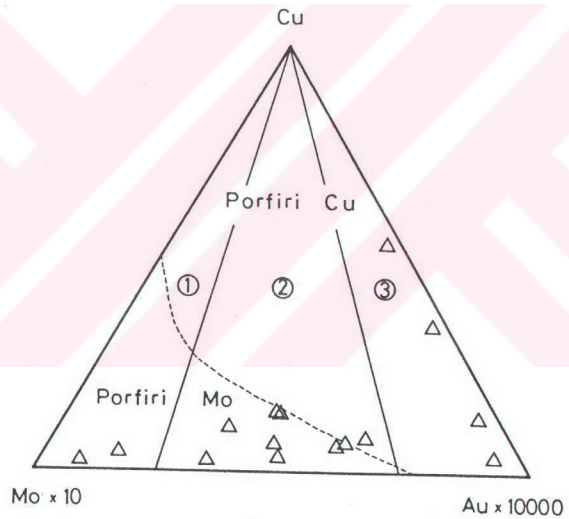
gösteren kayaçlar da bu diağrama göre cevherli plüton kavramında değerlendirilebilmektedirler. Önerilen doğru, söz konusu etmenlerden kaynaklanan ve yanlış yorumlamalara yol açabilen tartışmayı göreceli olarak azaltmaktadır. Bu değerlendirmelerin ışığı altında, inceleme alanında yer alan kayaçların büyük bir çoğunlukla cevherli plüton alanında yayılım gösterdiği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

6.1.2. Balcılı Granitoidlerinde Cu-Mo-Au Dağılımı

KESLER(1973), çeşitli jeolojik ve jeotektonik yerleşmelerde gelişen porfiri bakır sistemlerindeki bakır, molibden ve altın'ın üçgen diağramda konumunu ilişkilendirmeye çalışmıştır. Yazar, bakır-molibden arasında gelişebilecek bir hattın kıtasal ortamı, bakır-altın arasında ortaya çıkabilecek bir ilişkinin ise ada yayı ortamını karakterize edebileceğini öne sürmüştür. TITLEY(1978), bazı ada yayı ortamlarında molibden'in de önemli oranlarda zenginleşme gösterdiği ve metalojeninin bakır-altın'dan ziyade bakır-altın-molibden olarak dikkate alınması gerektiğini ileri sürmüştür. VILA ve SILLITOE (1991) , Kesler'in oluşturduğu diağramı bakır, molibden ve altın'ın dağılımını dikkate alarak modifiye etmiş ve Cu-Mo, Cu-Au-Mo ve Cu-Au bölgelerini ayırmıştır. Porfiri granitoidlerde izlenen bakır ve molibden'in mineralizasyona olan egemenliğini dikkate alarak tarafımızdan bir ayırım eğrisi geliştirilmiştir. Bu eğri, bir porfiri sistemde bakırınmı, yoksa molibdeninmi mineralizasyonda önemli bir rol oynadığı sorusuna yanıt vereceği kanısındayız.

Balcılı porfiri bakır sahasında bakır, molibden ve altın'ın üçgen diağramı Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 8.6'da verilmiştir. Burada

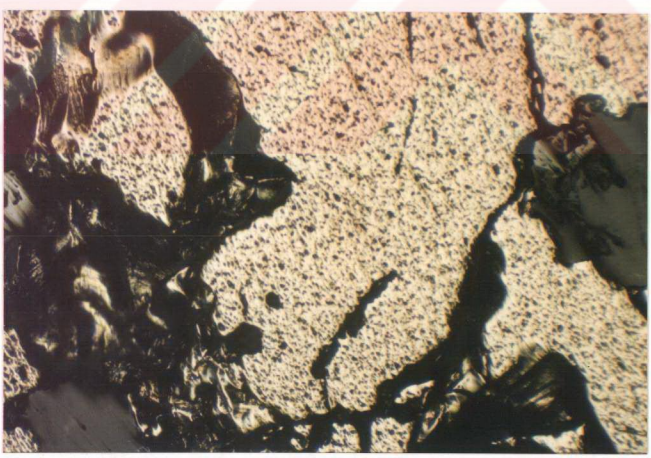
elementlerin dağılımı açısından başlıca iki seyir izlenmektedir. Birinci trend bakır ile altın arasındadır. Bu tür bir dağılım, ada yayı yerleşimlerde izlenen porfiri bakır yataklarının karakteristiği olarak ortaya çıkmaktadır. İkinci trend molibden ve altın arasında mevcuttur. Seyrin bakır-molibden yönünde olmaması hem KESLER'e (1973) göre bir kıtasal ortamın olmadığını yansıtır hemde inceleme alanındaki yatağın molibden'ce zengin olduğunu gösterir. VILA ve SILLITOE'nun (1991) sınıflamasına göre Balcılı granitoidleri Cu-Mo-Au ve Cu-Au'ca zengin porfiri bakır mineralizasyonu alanında yer alır.



ŞEKİL: 6.2. Balcılı Porfiri Bakır Yatağının Cu-Mo-Au Üçgen Diağramında Konumu.
1:Mo-Cu, 2: Cu-Mo-Au, 3: Cu-Au.

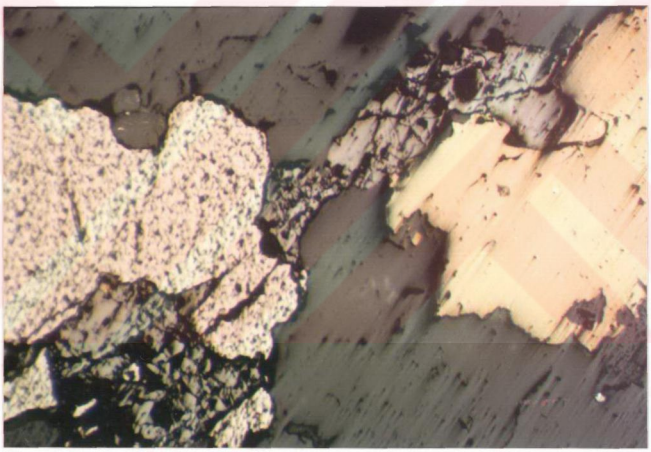
6.2. Balcılı Porfiri Bakır Yatağının Cevher Mineralleri

Balcılı mineralizasyon sahasında bakır cevherleşmesi disseminasyon ve damarcıklar şeklinde olmak üzere başlıca iki formda izlenir. Molibdenit, granitoidler içinde dissemine ve damarcıklar şeklinde, kuvars damarlarında ise damarcıklar şeklinde izlenir. İnceleme alanı, cevher minerallerinin çeşitliliği açısından zengin değildir. Pirit, kalkopirit, molibdenit, manyetit, hematit, ilmenit, manyetit ve pirotin başlıca cevher minerallerini teşkil eder. Pirit en yaygın sülfürlü mineraldir. Genelde gang içinde yer alan piritler öz, yarı öz ve iskelet şekillerinde izlenirler. Çoğunlukla manyetit ile yan yana büyümüşlerdir. Ufak kapanımlar şeklinde (0.1mm <) pirotin içerirler. Bu sahada, müşketoffit olarak adlandırılan ve bir tür hematit psödomorfozu olan manyetitler piritlerle birlikte görülürler (Şekil 6.3). Parlatma örneklerinde kalkopirit



ŞEKİL: 6.3. Piritlerle Birlikte İzlenen ve Bir Tür Hematit Psödomorfozu Olan Müşketoffit (x 32).

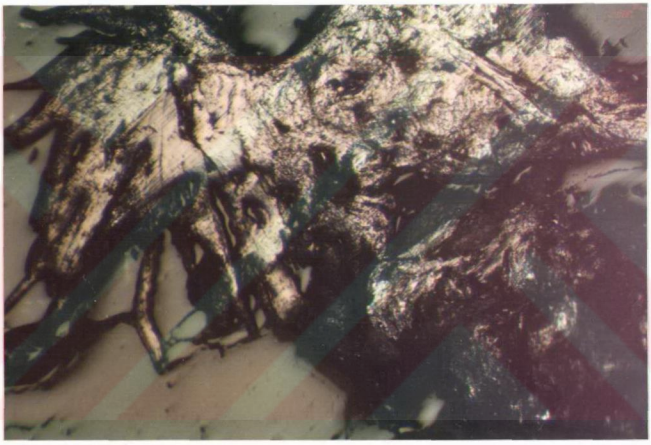
çoğunlukla taze görünümlerde müşahede edilir. Gang içinde 3 mm'ye kadar tane boyutlarına sahiptirler (Şekil 6.4). İçlerinde öz şekilli manyetit kristalleri de bulunur. Kloritleşmiş biotit ve hornblendlerin klivajları boyunca sıvamalar şeklinde izlenen kalkopiritlerin boyutları genelde 10-50 mikron düzeyindedir. Parlatma kesitleri, inceleme alanında kalkopiritlerin manyetit ve piritten daha genç olduğunu gösterir. Granitoidler içinde yer alan molibdenitler çoğunlukla disseminasyonlar şeklinde maksimum 0.8-1.0 mm. boyutlarında gözlenmektedir.



ŞEKİL: 6.4. Yan Yana Büyümüş Pirit, Manyetit ve Kalkopirit. Manyetit İçinde Çubuk Şeklinde Martitleşme İzleniyor(x 32).

Kuvars gangları içinde yer alan molibolenitler genelde levhalar ve saç örgüsü şeklinde, daha iri kristaller halinde gözlenir (Şekil 6.5). Yapılan parlatmaların hiç birinde kalkopirit ile olan birlikteliğine

rastlanmamıştır. Çalışma alanında yaygın bir şekilde bulunan manyetit, öz şekilli ve yarı öz şekilli formlardadır. Kenarları ve (111) yüzeyleri boyunca martitleşmişlerdir. Parlatma kesitleri, ilmenit'ten sonra en yaşlı mineral olduğunu gösterir. İlmenit'ten dönüşüm ürünü olarak rutil kristalleri (20-40 mikron), Balcılı porfiri bakır sahasında sıkça izlenir. Ufak rutil kristallerinin yanında iri kristaller (0.4 mm<) şeklinde de gözlenebilmektedir.

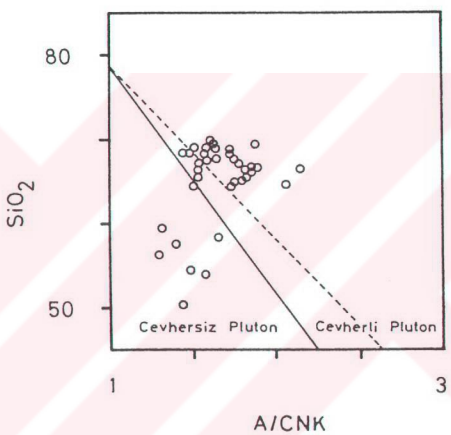


ŞEKİL: 6.5. Granitoidleri Kesen Kuvars Damarlarındaki Plaka ve Saç Örgüsü Şeklinde Molibdenitler (x 80).

6.3. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarının Mineralizasyon Karakteri

Güzelyayla porfiri bakır sahasından alınan örneklerin FEISS'in(1978) A/CNK-SiO_2 diağramına uygulanması Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Cevherli ve cevhersiz

plütonu ayıran doğrunun altında kalan örnekler andezitik bileşimli kayaçları temsil etmektedir. İnceleme alanında yer alan cevhersiz dasitler daha ziyade orijinal ayırım doğrusunun üst kesiminde yer alırlar. Bu çalışmada önerilen kesikli doğru ile, söz konusu kayaçlar olmaları gereken cevhersiz plüton kesiminde kümelenme yaparlar. İzleneceği üzere, kesikli doğrunun üstündeki noktaların tümü cevherli volkanik-subvolkanik kayaçlara aittir ve cevherli plüton alanında yayılım arz etmektedirler.

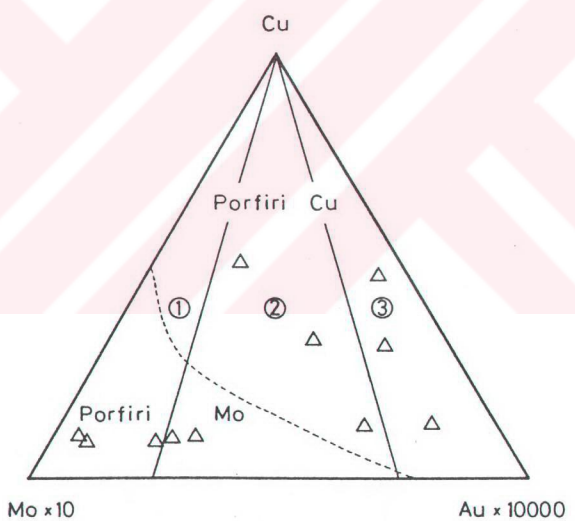


ŞEKİL: 6.6. Güzelyayla Porfiri Bakır Yatağının FEISS'in (1978) Cevherli-Cevhersiz Plüton Diağramında Konumu.

6.4. Güzelyayla Volkanik-Subvolkanik Kayaçlarında Cu-Mo-Au Dağılımı

İnceleme alanında bakır, molibden ve altının dağılımını karakterize eden üçgen Cu-Mo-Au diağramı Şekil 6.7'de , bunlara ait analiz sonuçları ise Tablo 8.8'de verilmiştir.

Değişkenler, KESLER'in (1973) orijinal diağramında başlıca iki formda seyir gösterirler. Birinci durumda molibden'den altın'a doğru bir yönelim vardır. İkinci durumda, belirgin bir saçınım ile altın'dan bakır'a doğru bir trend ortaya çıkmaktadır. VILA ve SILLITOE'nun (1991) bölümlemesine göre, Güzelyayla porfiri bakır sahasını temsil eden örnekler oransal olarak Cu-Mo-Au ve Cu-Au sektörlerinde yığışım arz ederler. Bu çalışmada önerilen ayırım eğrisi ile inceleme alanı mineralizasyonunun bakır'ca zengin sektörde konsantrasyon gösterdiği ve dolayısıyla da tipik bir porfiri bakır yatağı olarak dikkate alınabileceği gerçeği ortaya çıkmaktadır.



ŞEKİL: 6.7. Güzelyayla Porfiri Bakır Yatağının Cu-Mo-Au Üçgen Diağramında Konumu. 1:Mo-Cu, 2: Cu-Mo-Au, 3:Cu-Au.

Söz konusu jeokimyasal değerlendirmeler, arazi gözlemleri ve istatiksel değerlendirmeler ile de doğrulanmaktadır.

6.5. Güzelyayla Porfiri Bakır Yatağının Cevher Mineralleri

Güzelyayla porfiri bakır mineralizasyon sahasında bakır cevherleşmesi başlıca iki şekilde izlenir. Birinci halde kalkopirit, kayacın zayıf zonları olan çatlaklar boyunca sıvanmıştır. Bu şekildeki cevherleşmeler özellikle Mat mezra civarında yer alan cevherli dasitlerde egemen bir şekilde izlenir. Sıvanan yüzeylerde hemen hemen tek cevher minerali kalkopirittir. Alterasyon ile malakit'e dönüşen çatlaklı kaya, yeşilimsi renk tonları ile arazide kolayca ayırtlanır. İkinci durumda bakır cevherleşmesi özellikle Hasan derede izlenir. Kayacın silisleşmesine bağlı olarak ya dissemine yada ufak damarcıklar şeklinde pirit ve molibdenit'e eşlik eder. Molibdenit daha ziyade volkanik-subvolkanik karakterli cevherli dasitler içinde ya dissemine şekilde, yada bunları kesen kuvars damarlarında damarcıklar şeklinde izlenir.

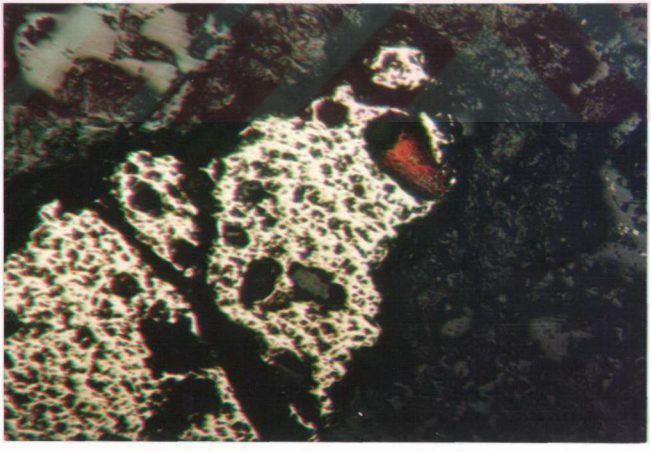
İnceleme alanında yer alan bazik-nötr karakterli bazalt-andezit ve nötr-asit karakterli dasitlerde saptanan cevher mineralleri pirit, kalkopirit, bornit, kalkozin, kovelin, neodigenit, kübanit, tetraedrit, kuprit, tenorit, nabit bakır, molibdenit, pirotin, pentlandit ve sfalerit'tir. Başlıca gang mineralleri ise kuvars, biyotit, klorit, amfibol ve sfendir. En yaygın sülfürlü mineral konumunda bulunan öz şekilli, yarı öz şekilli, ve iskelet görünümlü pirit 0.1-2.0 mm tane boyutuna sahiptir. Yer yer kuvvetli bir şekilde kataklazma geçirmişlerdir. Bazen kenarları boyunca hematit ve götit'e

dönüşmüşlerdir. Rutil kapanımları içerirler. Pirotin , kalkopirit ve pentlandit gibi minerallere ev sahipliği yapan piritler zaman zaman manyetitleri metasomatoz etmişlerdir.

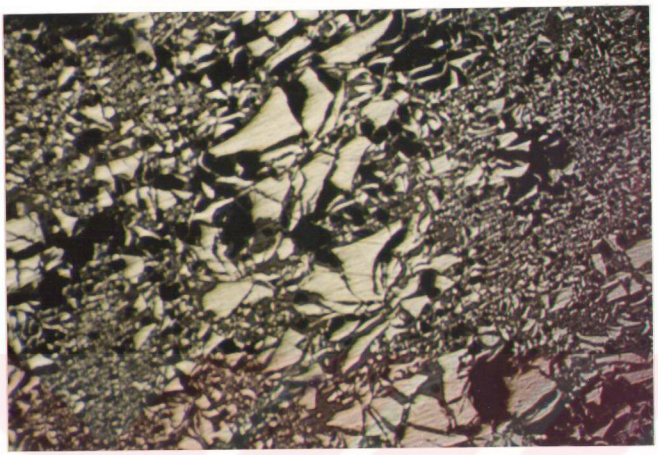
Kalkopirit'e çoğunlukla özşekilsiz dissemine taneler şeklinde rastlanır. 1-2 mm.ye kadar varan tane boyutlarına sahiptirler. Amfibollerin ve biotitlerin kloritleşen kesimlerinde ince taneli kalkopiritler, kayacın matriksinde saçınımlı bir görünüm arz ederler. Hidrotermal kuvars damarcıklarında mikro damarcıklar şeklinde izlenen kalkopirit, yer yer piritlerin ve pirotinlerin içinde ufak taneler şeklinde kapantılar da gösterirler. Kenarlardan itibaren limonit'e ve bazen minerali farklı doğrultularda kateden kovelin'e (Şekil 6.8) ve neodigenit'e dönüşmüşlerdir. Genelde piritler ve gang içinde ufak tanecikler şeklinde (40-50 mikron) izlenen bornit (Şekil 6.9), yer yer kalkopirit ayrılımları içerdiği gibi bazı durumlarda kalkopirit'i metasomatoz etmiştir. Çoğunlukla dasitler içinde izlenen kalkozin aşırı bir kataklazma geçirmiştir(Şekil 6.20). 0.6 mm. ye kadar tane boyutlarına sahiptirler. Neodigenit(Şekil 6.11) ve malakit'e dönüşümler yaygın bir şekilde izlenir. İçlerinde kapantılar şeklinde pirit içerirler. Mineral üzerinde yapılan mikroprob analizine göre ortalama olarak % 23 S, % 77 Cu içerirler. Dasitler içinde bir kaç parlatma örneğinde nabit bakır kapantıları içeren kuprit'e rastlanmıştır (Şekil 6.12). Kuprit, kenarlardan itibaren tenorit'e dönüşmüştür. Böyle bir örneğin kimyasal analizi yaklaşık olarak % 10 Cu içermektedir.



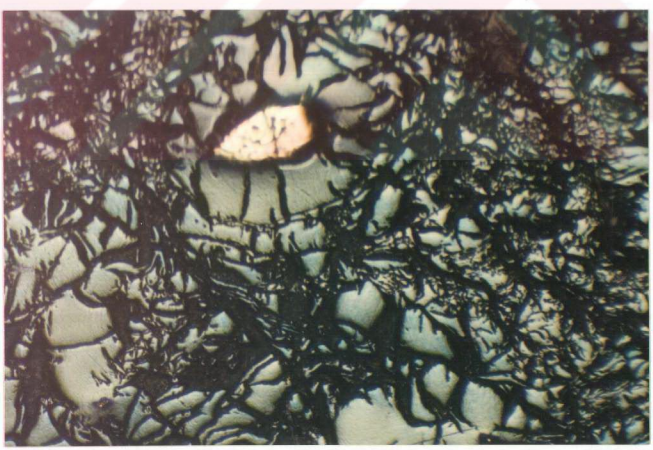
ŞEKİL: 6.8. Kalkopirt Kristalinin Kenarlardan İçe Doğru Kovelin'e Dönüşmesi (x 32).



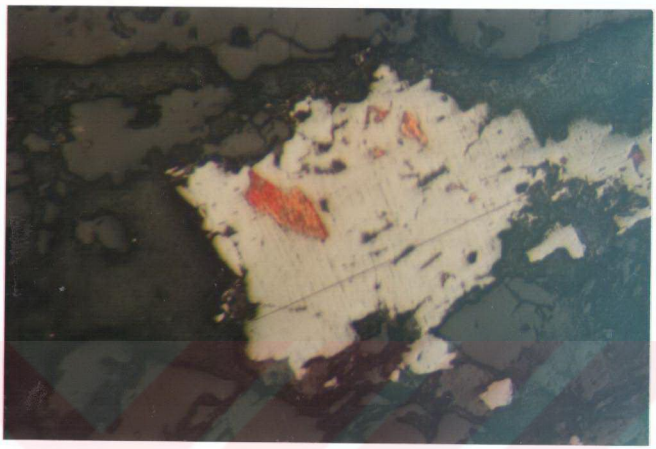
ŞEKİL: 6.9. Kalkopirit Ayrılımları İçeren Bornit (x 80).



ŞEKİL: 6.10. Kataklazma Geçirmiş Kalkozin(x 32).



ŞEKİL: 6.11. Kataklazmaya Uğramış ve Neodigenit'e Dönüşmüş Kalkozin (x 80).

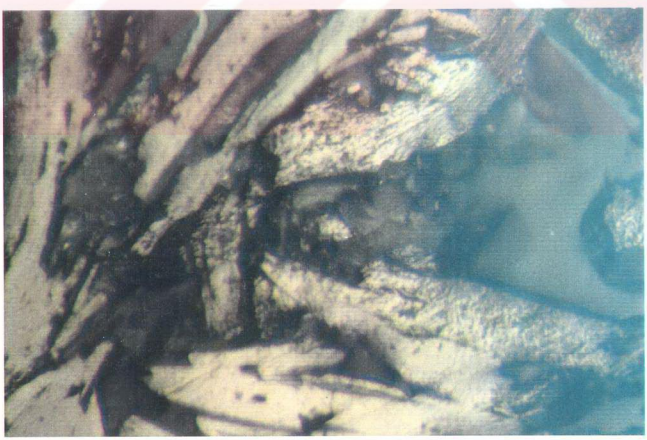


ŞEKİL: 6.12. Nabit Bakır Kapantıları İçeren Kuprit (x 80).

Molibdenit, kayacın matriksinde dissemine ufak taneler veya çubuklar şeklinde izlenir. Çoğunlukla içlerinde kalkopirit kapanımları yer alır (Şekil 6.13). Kalkopiritler, kenarlardan itibaren kovelin'e dönüşmüşlerdir. Birbirine girmiş molibdenit çubukları bazı durumlarda bükülmüş ve yumak görünümü oluşturmuşlardır (Şekil 6.14). Güzelyayla porfiri bakır yatağında molibdenit içeren hemen hemen tüm parlatmalarda kalkopirit'e rastlamak olasıdır. Bakır ve molibden'in kimyasal analizlerine ait pozitif korelasyon ilişkisi (r=0.27) bu gözlemi doğrulamaktadır. Bir iki parlatma örneğinde kalkopiritler içinde kübanit lamelciğine rastlanmıştır. Bahis konusu mineral 250-300^{o}C sıcaklıklarda oluştuğundan jeolojik termometre olarak inceleme alanında mineralizasyonun oluşumu sıcaklığı hakkında bilgi verebilir.

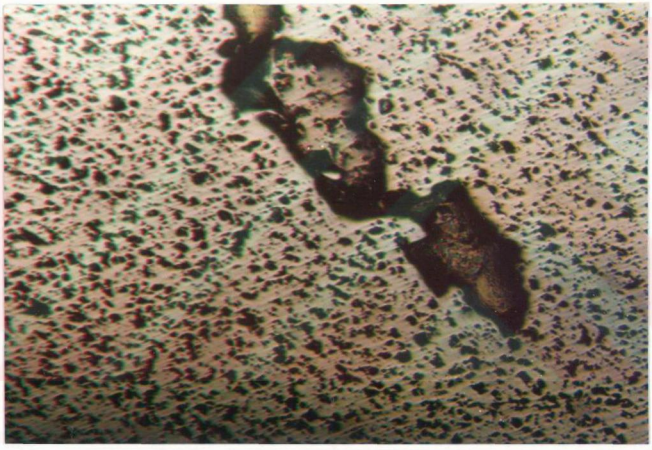


ŞEKİL: 6.13. Kalkopirit Kapantısı İçinde Molibdenit (x 32).



ŞEKİL: 6.14. Bükülmüş Molibdenit Kristallerinin Kuvars Gangı İçinde Dağılımı(x 80).

Çoğunlukla piritler içinde zaman zaman kapanımlar halinde zaman zaman da onların çatlaklarını dolduran 100 mikrondan küçük tane boyutunda pirotinler yer alır. Bir örnekte pirotin'in içinde alevcik yapısında pentlandit'e rastlanmıştır (Şekil 6.15). Pentlandit içeren numunenin kimyasal analizi 23 ppm Co, 10 ppm Ni içermektedir. Bu kesitteki örnek Co-pentlandit'tir.



ŞEKİL: 6.15. Pirotin İçinde Alevcik Yapısında Pentlandit (x 80).

BÖLÜM 7. ALTERASYON KUŞAKLARI

7.1. Porfiri Bakır Yataklarında İzlenen Alterasyon Zonları

Porfiri bakır yatakları, genellikle iyi gelişmiş zonal alterasyon kuşakları ile karakteristikdirler. Tipik bir porfiri bakır yatağında en altta potasik olarak adlandırılan kuşak bulunur. Kuvars+biyotit ve K-feldispat bu kuşağın karakteristik mineralleridir. Biotitler ya birincil yada çoğunlukla amfibollerin ayrışım ürünü olan ikincil formlarda gözlenir. Dissemine,damarcık ve mikrodamarcık şeklinde kalkopirit, molibdenit ve az oranda pirit bu zonun başlıca cevher minerallerini teşkil eder. İzotop çalışmaları, potasik zonun mağmatik akışkanlar tarafından oluşturulduğunu ortaya koymuştur. Bu zondaki ikincil biotitler üzerinde yapılan oksijen ve hidrojen izotop çalışmaları, hidrotermal alterasyon sıcaklığının 450-600^{o}C arasında değiştiğini, yer yer 700^{o}C'ye kadar çıktığını göstermiştir (HUTCHISON,1987; SHEPPARD ve diğerleri, 1971; SHEPPARD ve GUSTAFSON,1976).

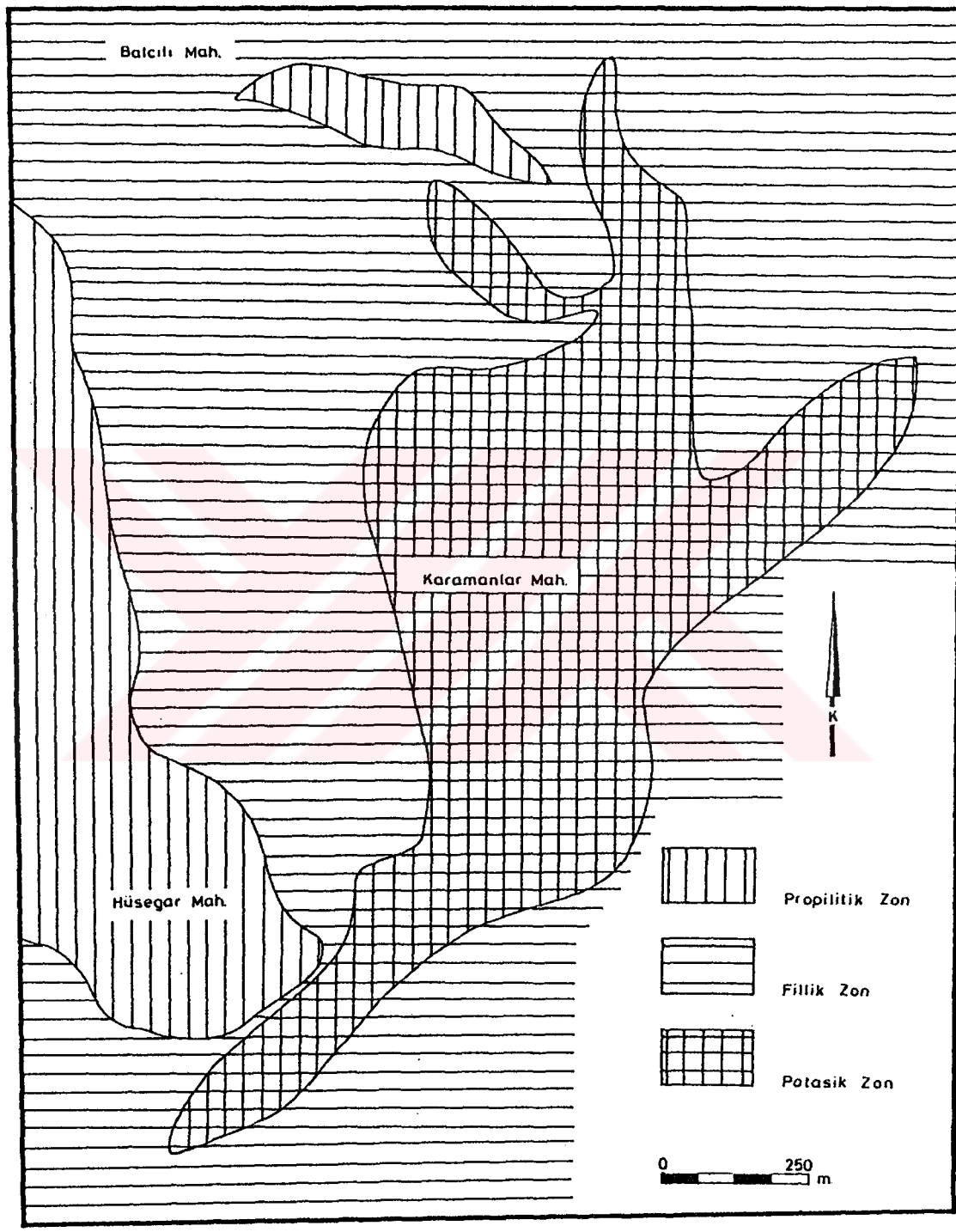
Potasik kuşağın dış kesiminde fillik alterasyon zonu olarak adlandırılan ve daha çok kuvars + serisit+ pirit'ten oluşan bir kuşak bulunur. Fillik kuşakta plajyoklaz serisitleşmiş, hornblend ve biotit gibi feromagnezyen mineraller serisit ve çoğunlukla da klorit' e dönüşmüşlerdir. İzotop verileri bu zonun 300-450^{o}C sıcaklıklarda teşkil edildiğini göstermektedir. Bu zonun oluşturulmasında hidrotermal ve meteorik akışkanların ortaklaşa etkileri söz konusudur. Bazı porfiri

bakır yataklarında fillik kuşağının etrafında killeşme alterasyonuna rastlanmaktadır. Killeşme kuşağında plajyoklaz ve mafik mineraller kaolinit ve montmorilyonit gibi kil ve serisit minerallerine dönüşür. En dış zonda propilitik olarak adlandırılan ve epidot + kalsit + klorit + piritten oluşan kuşak yer alır. Bu zonun oluşturulmasında meteorik suların etkisi büyüktür.

7.2. Balcılı Porfiri Bakır Yatağının Alterasyon Kuşakları

Balcılı porfiri bakır sahasında, LOWELL ve GUILBERT in (1970) alterasyon kuşakları için tanımladığı terminoloji ve buna bağlı alterasyon mineral birlikleri dikkate alındığında, içten dışa doğru potasik, fillik ve propilitik olmak üzere üç zonun varlığı ortaya konmuştur (Şekil 7.1). Bu zonlar, 140 civarında ince kesit determinasyonu ile saptanmıştır. İnceleme alanında yaklaşık olarak Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu ve düzensiz dağılımlı potasik kuşak, Karamanlar mahallesi civarında yayılım gösterir. Bu zon ince ve orta taneli buklet şeklinde ve yer yer birbirine grift yapı arz eden açık parlak sarı-kahverengi görünümlü ikincil biotitler ile karakteristiktir.

Granodiorit ve tonalit bileşimli kayaçlarda yaygın bir şekilde izlenen potasik kuşakta kayacın orijinal dokuları iyi bir şekilde korunmuştur. Potasik kuşakta izlenen diğer bir olay, Karamanlar mahallesinin Kuzey ve Kuzeydoğusunda tonalit bileşimli kayaçlarda gelişen silisleşmedir. İnce kesit determinasyonlarında ince taneli ksenomorf kuvars kristalleri matriksin muhtelif yerlerinde dağılmış olup parlak beyaz-açık sarı renkleri ile karakteristikdirler. Potasik kuşak içinde yer alan volkanik-subvolkanik porfiri dokulu andezitlerde silisleşmeye yer yer mikro taneli ikincil biotitler eşlik etmiştir.



ŞEKİL: 7.1. Balcılı Porfiri Bakır Yatağında İzlenen Alterasyon Kuşakları.

Potasik kuşak serisit ve yaygın bir pirit konsantrasyonu ile fillik kuşağa geçiş gösterir. Bu kuşakta yer alan birincil biotitler çoğunlukla klorite dönüşmüşlerdir. Balcılı mahallesinin Güneyinde ve Yağmurçay mahallesi civarında yaygınlık kazanırlar. Tonalit, granodiorit ve granitlerde izlenen alterasyon etkisi ile kayaçların orjinal dokuları yer yer kaybolmuştur. Fillik kuşağında yer alan kayaçlar, renk indisi açısından potasik kuşağa oranla daha açık renklidirler.

Epidot'un ortaya çıkması ile fillik kuşaktan ayrılan propilitik alterasyon daha ziyade Hüsegar mahallesi civarında ve Balcılı mahallesinin Güneybatısında izlenir. Bu zon içinde yer alan kayaçların bünyesindeki amfiboller, plajyoklazlar ve çok az oranda izlenen birincil biotitler yaygın bir şekilde klorit ve epidot'a dönüşmüşlerdir. Yer yer kalsitleşmenin de izlendiği propilitik alterasyon inceleme alanının dışında daha yaygın bir dağılım göstermektedir.

7.3. Potasik Kuşakta Yer Alan Birincil ve İkincil Boititlerin Mineral Kimyası

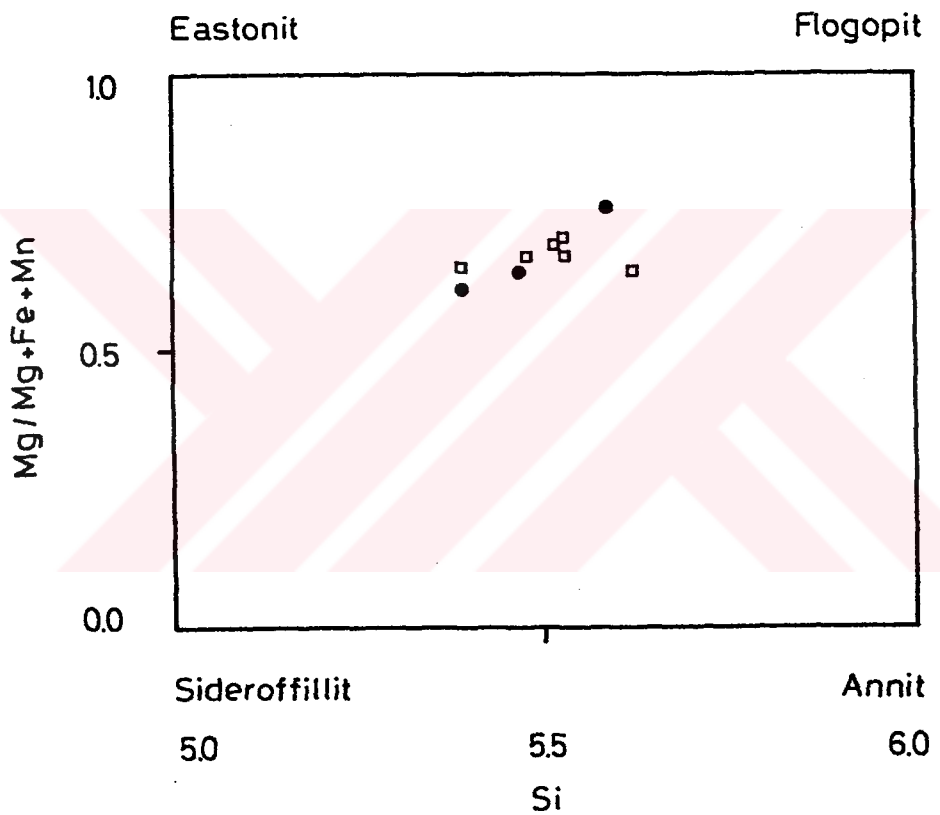
Potasik kuşakta yer alan birincil ve ikincil biotitlerin mikroprob analizleri, 22 oksijen bazına göre hesaplanan atomik oran değerleri ile birlikte Tablo 7.1' de verilmiştir.

Si'e karşılık Mg/Mg+Fe+Mn diağramında Balcılı granitoidlerine ait birincil ve ikincil biotitler flogopit köşesine doğru bir yönelim sergilerler (Şekil 7.2). İnceleme alanında ikincil biotitlerin varlığına göre teşkil edilen potasik kuşağın geniş bir alana yayılması ile biotitlerin flogopit karakteri göstermesi arasında ilişki vardır. Cevher taşıyıcı akışkanlar bu sahada

TABLO: 7.1. Potasik Kuşağa Ait Birincil ve İkincil Biotitlerin Mikroprob Analizleri ve 22 O Bazına Göre Hesaplanmış Atomik Miktarları.

	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6	A1İ1	A1İ2	A1İ3
SiO_2	38.96	37.58	38.26	38.40	37.96	36.64	36.45	37.25	39.88
TiO_2	3.51	3.51	3.07	4.10	3.72	3.99	3.14	3.14	3.05
Al_2O_3	17.22	16.93	16.59	15.01	15.78	16.71	17.65	17.65	16.10
FeO	13.60	13.28	12.42	14.54	12.60	13.89	15.36	13.98	10.07
MnO	0.18	0.34	0.20	0.34	0.29	0.20	0.30	0.20	0.19
MgO	16.06	15.36	16.86	15.20	16.16	14.67	13.37	14.29	19.19
CaO	0.15	0.10	0.09	0.10	0.18	0.20	0.14	0.05	0.15
Na_2O	0.78	0.82	0.94	0.10	1.49	1.81	1.23	1.05	0.96
K_2O	8.03	8.53	7.86	8.70	8.21	8.08	8.59	8.17	7.95
Toplam	98.49	96.45	96.29	96.49	96.39	96.19	96.23	95.78	98.04
Si	5.53	5.48	5.53	5.62	5.52	5.39	5.39	5.47	5.59
Al^{IV}	2.47	2.52	2.47	2.38	2.48	2.61	2.61	2.53	2.41
Al^{VI}	0.40	0.38	0.36	0.21	0.23	0.29	0.47	0.52	0.25
Ti	0.37	0.39	0.33	0.45	0.41	0.44	0.35	0.35	0.32
Fe	1.61	1.61	1.50	1.78	1.53	1.71	1.90	1.72	1.18
Mn	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02
Mg	3.40	3.34	3.63	3.32	3.51	3.22	2.95	3.13	4.12
Ca	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02
Na	0.21	0.23	0.26	0.03	0.42	0.52	0.35	0.30	0.26
K	1.45	1.59	1.45	1.62	1.52	1.52	1.62	1.53	1.42
Toplam	15.48	15.59	15.56	15.47	15.68	15.75	15.70	15.58	15.59

geniş bir alana yayılarak önemsenecek bir tenörde bakır cevherleşmesi teşkil edememiş, ancak biotitlerin karakterleri üzerinde önemli bir rol oynamıştır. Birincil biotitlerin ikincil biotitlerden ayrılımı kesin sınırlar içinde olmasa da seyirleri ile ilişkili korelasyonları daha düşüktür. İnceleme alanında yer alan biotitlerin parlak sarı ve kırmızımsı sarı renkleri ile demir içeriklerinin düşük olduğu söylenebilirdi.



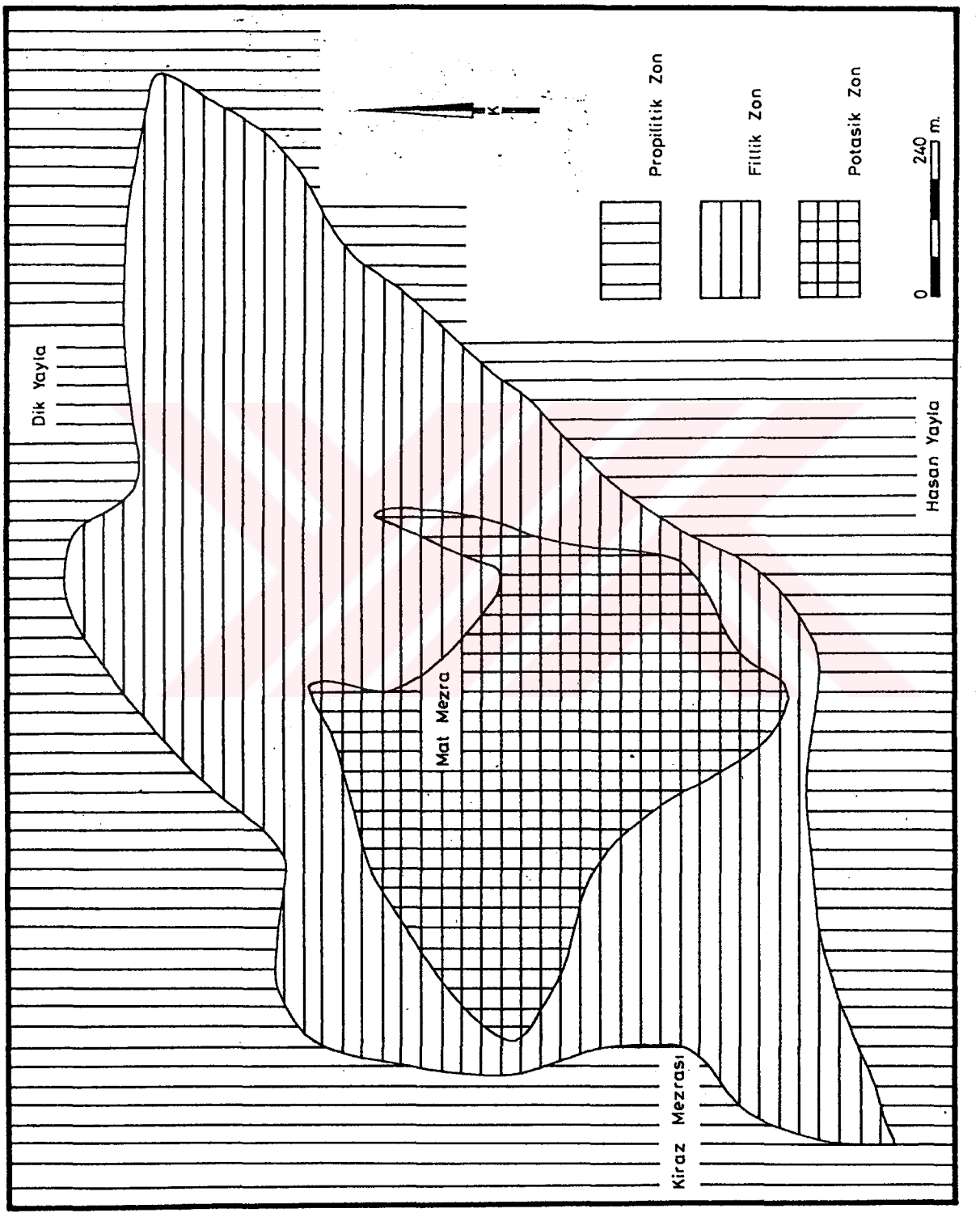
ŞEKİL: 7.2. Birincil (▫) ve İkincil (●) Biotitlerin Si'e Karşılık Mg/mg+Fe+Mn Diağramında Değişimi.

Mikroprob sonuçları ve ilgili değerlendirmeler bu sahadaki gerek birincil gerekse ikincil biotitlerin daha düşük demir, daha yüksek mağnezyum içerikleri ile flogopit karakterli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 7.1deki veriler biotitlerin alüminyum içeriklerinin De ALBUQUERGUE'nin (1973) Al_2O_3-FeO_t-MgO diağramında tipik olarak biotit+amfibol birlikteliğinin gösterge ci olduğunu işaret etmektedir. Fe/Fe+Mg oranı genelde artan katyonik Si içeriği ile azalma gösterir. Birincil ve ikincil biotitlerin Fe/Fe+Mg oranı ile Ti değerleri arasında sırasıyla r=0.79 ve r=0.97 korelasyon katsayıları ile pozitif seyir vardır. Ti'nin oktaedral AL^6 ile değişimi birincil biotitlerde r=-0.75 ile negatif, ikincil biotitlerde ise r=0.98 ile pozitif seyir göstermektedir. Al^6, potasik kuşağın karakteristiği olarak ikincil biotitlerde artış eğilimindedir. Bu da potasik zonda Mg ile beraber Al^6 zenginleşmesinin varlığını işaret eder. İkincil biotitlerin diğer bir karakteristiği, Ti miktarının orijinal biotitlere oranla düşük değerler sergilemesidir. Mg ile Ti arasında r=-0.99 korelasyonla negatif bir seyrin varlığı bir ölçüde bunun göstergecidir. Birincil ve potasik kuşakta yer alan ikincil biotitlerin Mg ile Fe/Fe+Mg oranları arasında sırasıyla r=-0.93 ve r=-0.99 korelasyonla negatif ilişkinin varlığı, alterasyon kuşağının merkezine doğru biotitlerde demir miktarının azaldığını ifade eder.

7.4. Güzelyayla Porfiri Bakır Yatağının Alterasyon Kuşakları

Güzelyayla porfiri bakır yatağı, tipik bir porfiri bakır yatağında izlenen alterasyon kuşaklarını oldukça iyi bir şekilde kapsamında bulundurur. 175 ince kesit determinasyonu ile saptanan alterasyon kuşaklarının dağılımı Şekil 7.3'de gösterilmiştir. En içte potasik zon, Mat mezra civarında cevherli volkanik ve subvolkanik dasitlerin izlendiği alanda kabaca yarı dairesel bir kesit görünümü ile yayılım gösterir. İnce taneli ikincil biotitler çoğunlukla amfibollerin ayrışmaları



ŞEKİL: 7.3. Güzelyayla Porfiri Bakır Yatağında İzlenen alterasyon Kuşakları.

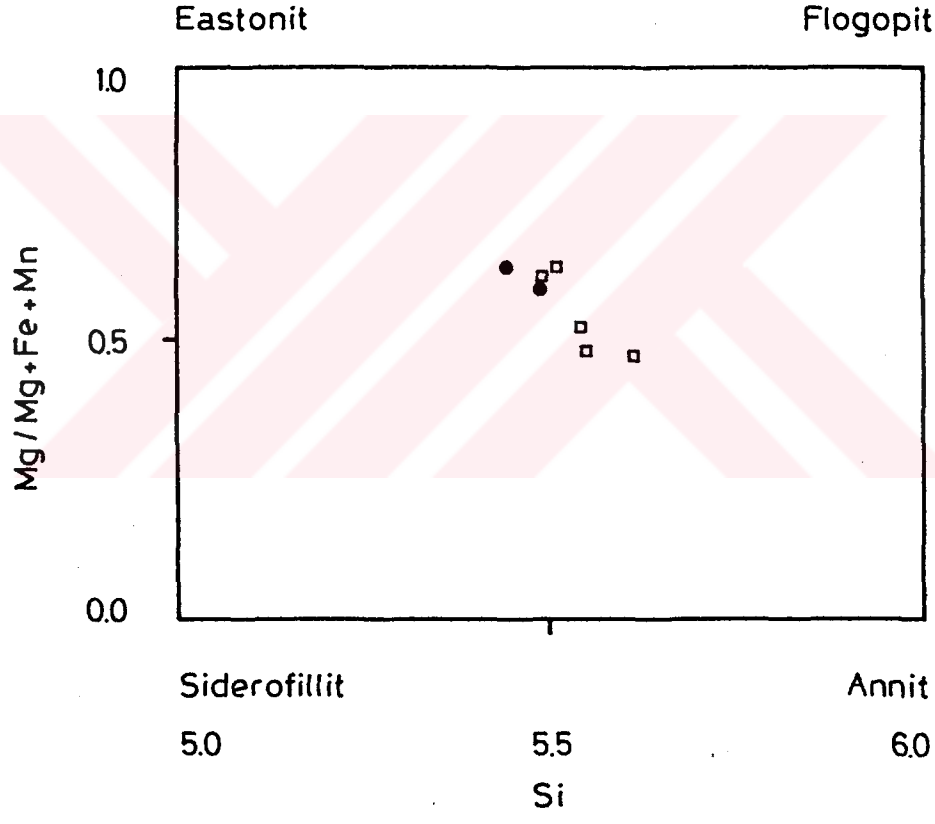
ile, onların kristal görünümlerini koruyarak gelişmişlerdir (Şekil 4.17). Parlak sarı ve açık kahve renkli olup oldukça taze görünümlüdürler. Kayacın hamurunda kuvarslarla beraber çok ince taneli ikincil biotitler bu sahada potasik zonun karakteristiği olarak gelişmiştir. Egemen bir silisleşmeye özellikle Mat mezra civarındaki subvolkanik cevherli dasitlerde ve cevherli dasitlerde rastlanmaktadır.

Fillik kuşak, Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultuda yaklaşık olarak elips görünümü ile Kiraz mezrasından Dik Yayla'ya kadar yayılım gösterir. Cevherli subvolkanik-volkanik dasitlerin ve andezitlerin izlendiği alanlarda gözlenen bu kuşakta birincil biotitler klivajlarından itibaren kloritlere dönüşmüşlerdir. Plajyoklazlarda izlenen serisitleşme ve genel bir piritleşmeye Mat mezranın Kuzey ve Kuzeybatısında silisleşme eşlik eder. Bir kaç fazda gelişen mikro damarcıklar şeklindeki silisleşmeler bu zonun diğer bir karakteristik özelliğidir (Şekil 4.15).

Propilitik alterasyon, bazaltik andezit -bazalt ve ve cevhersiz dasitlerin egemen olduğu alanlarda ortaya çıkar. Bazaltik andezit, lav ve piroklastik kayaçlarda plajyoklazlar epidot'a, ferromağnezyen mineraller ise yaygın bir şekilde klorite dönüşmüşlerdir. Pirit, bu kesimlerde izlenen egemen opak mineraldir. Bu zonda yer alan ve Hasan yayla civarında yayılım gösteren cevheriz dasitler yaygın bir ayrışmaya uğramışlardır. Kayacın orijinal dokusu yer yer kaybolmuştur. Plajyoklazlarda izlenen serisitleşme ve epidotlaşmaya ilaveten ferromağnezyen minerallerin hemen hemen tümü tanınmayacak şekilde altere olmuştur.

7.5. Potasik Kuşakta Yer Alan Birincil Ve İkincil Biotitlerin Mineral Kimyası

Güzelyayla porfiri bakır sahasında potasik kuşağa ait birincil ve ikincil biotitlerin mikroprob analizleri 22 oksijen bazına göre hesaplanmış atomik oranlar ile birlikte Tablo 7.2'de gösterilmiştir. Si'e karşı oluşturulan Mg/Mg+Fe+Mn diağramında gerek birincil gerekse ikincil biotitlerin seyri annit köşesine doğru bir yönelim eğilimindedir (Şekil 7.4).



ŞEKİL: 7.4. Birincil (□) ve İkincil(●) Biotitlerin Si'e karşılık Mg/Mg+Fe+Mn Diağramında Değişimi.

TABLO: 7.2. Potasik Kuşağa Ait Birincil ve İkincil Biotitlerin Mikroprob Analizleri ve 22 O Bazına Göre Hesaplanmış Atomik Miktarları.

	T1B1	T1B2	T1B3	T1B4	T1B5	T1İ1	T1İ2
SiO_2	37.55	37.50	36.69	37.05	36.84	37.22	37.53
TiO_2	3.47	3.45	4.15	3.92	3.31	3.60	3.28
Al_2O_3	16.77	17.15	15.18	14.83	15.48	17.62	17.62
FeO	14.19	14.40	19.60	19.93	18.11	14.17	14.83
MnO	0.39	0.60	0.36	0.54	0.54	0.35	0.35
MgO	14.19	13.97	10.54	10.63	11.58	14.29	13.67
CaO	0.14	0.11	0.07	0.01	0.01	0.11	0.03
Na_2O	1.11	1.06	1.16	0.58	2.65	0.56	1.05
K_2O	8.34	8.16	8.50	8.61	7.77	8.49	8.17
Toplam	96.15	96.40	96.25	96.10	96.25	96.41	96.53
Si	5.51	5.49	5.55	5.61	5.54	5.44	5.49
Al^{IV}	2.49	2.51	2.45	2.39	2.46	2.56	2.51
Al^{VI}	0.41	0.45	0.25	0.26	0.28	0.47	0.52
Ti	0.38	0.38	0.47	0.45	0.37	0.40	0.36
Fe	1.74	1.76	2.48	2.52	2.27	1.73	1.81
Mn	0.05	0.07	0.05	0.07	0.07	0.04	0.04
Mg	3.10	3.05	2.38	2.40	2.59	3.11	2.98
Ca	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
Na	0.32	0.30	0.34	0.17	0.77	0.16	0.30
K	1.56	1.52	1.64	1.66	1.49	1.58	1.54
Toplam	15.58	15.55	15.62	15.53	15.84	15.51	15.55

Bu seyir, inceleme alanında potasik kuşakta yer alan kayaçların biotitlerinin mağnezyuma oranla demir'ce daha zengin olduğunu ifade eder. Alterasyon kuşaklarının dağılımı dikkate alındığında ikincil biotitlerin karakteristiği olan potasik kuşağın yayılımı, inceleme alanında sınırlıdır. Buna karşın bakır içeriği açısından konsantrasyonu yüksektir. Hidrotermal akışkanlar içermiş oldukları metalleri bu sahada daha ufak boyutlu bir potasik alterasyon kuşağında daha yüksek tenörlü bir cevherleşme ile dağıtmışlardır.

Mikroprob analizleri ile ilgili değerlendirmeler, biotitlerin alüminyum içeriklerinin biotit+amfibol birlikteliğinin göstergeci olduğunu ifade etmektedir. Fe/Fe+Mg oranı, artan katyonik Si içeriği ve r=0.85 korelasyonla artış göstermektedir. Bu ilişki, artan Si ve azalan Mg içeriğine bağlı olarak gelişen Fe artışı ile annit'e yönelimin bir karakteristiği olarak ta yorumlanabilir. Birincil biotitlerde Fe/Fe+Mg oranı ile Ti arasındaki r=-0.75 korelasyonla negatif bir ilişki, ikincil biotitlerde yaklaşık olarak 1.00'e varan bir korelasyonla pozitif seyire dönüşmektedir. Bu durum, inceleme alanında potasik kuşağa doğru yaklaştıkça Ti içeriğinin de artış gösterdiğini yansıtmaktadır. Bu sahada, potasik kuşak içinde yer alan biotitlerde rutil iğnelerinin izlenmesi (Şekil 4.18) bunun anlamlı bir göstergecidir. Ti'nin oktaedral Al^6 değişimi birincil ve ikincil biotitlerde sırasıyla r=-0.67 ve r=-0.98 korelasyonlar ile negatif seyir içindedir.

BÖLÜM 8. JEOKİMYASAL TEKLİ VE ÇOKLU VERİ ANALİZİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

8.1. Balcılı Cevher Sahası İz Elementlerinin İstatiksel Değerlendirmesi

Kimyasal analiz sonuçlarına göre Balcılı porfiri bakır sahasında en yüksek konsantrasyon gösteren elementler bakır, molibden çinko ve kurşundur. Klasik istatistik değerlendirme yöntemlerine göre değişkenlere ait bulgular bu başlık altında özetlenmiştir. İnceleme alanından alınan ve bakır için kimyasal analizi yapılan toplan 140 kayaç örneğinin değerlendirmeler sonucunda, 4-2980 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Aritmetik ortalaması 208.27, standart sapması 172.12, medyanı 173.75, modu 104.70 ve değişim katsayısı 0.83' tür. Belirgin bir pozitif asimetri ile sağa çarpık dağılım gösterirler. BEUS ve GRIGORIAN(1977) tarafından verilen ve YAVUZ ve GÜLTEKİN(1990) tarafından kompüterize edilen yöntem ile kuvvetli bir longormal dağılım karakteri taşıdığı saptanmıştır. Verilerin e tabanına göre logaritmalarının alınması suretiyle teşkil edilen histogramı, normal dağılıma uyarlama fonksiyonu ile birlikte Şekil 8.1.a'da gösterilmiştir. İzleneceği üzere, logaritmik dönüştürme işlemi dağılımın karakterini lognormalden normal dağılıma çevirmiştir.

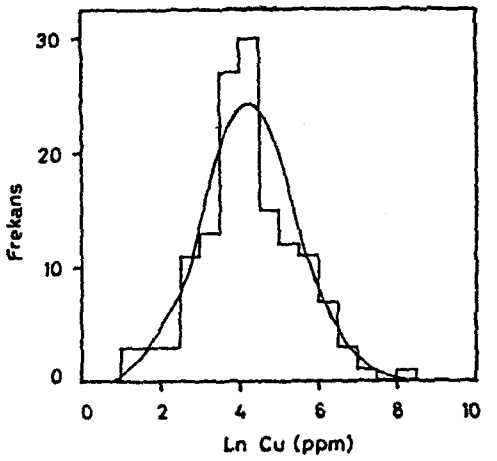
Granitoidlerden ve bunları değişik doğrultularda kesen kuvars damar ve damarcıklarından alınan 27 adet kayaç örneğinin kimyasal analizleri sonucunda molibden'in

1-648 ppm arasında değiştiği saptanmıştır. Aritmetik ortalaması 137.22, standart sapması 133.95, medyanı 92.36, modu 2.66 ve değişim katsayısı 0.98 dir. 1.00 asimetri değeri ile sağa çarpık dağılım sergilerler. Kuvvetli bir lognormal dağılım gösteren molibden,aynı zamanda iki ayrı popülasyon grubu ile karakteristikdirler (Şekil 8.1.b). Popülasyonlardan ilki granitoidleri kesen kuvars damarlarında yer alan molibdenit cevherleşmesinden, ikincisi granitoid grubu kayaçların bünyesinde yer alan dissemine şekilde molibdenit cevherleşmesinden kaynaklanır.

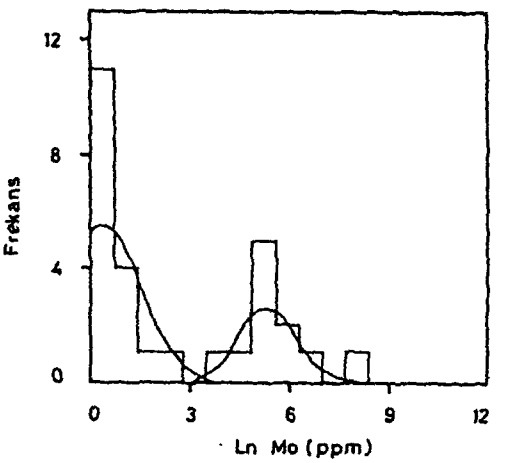
İnceleme alanında yer alan mağmatik kayaçlardan alınan 140 adet kayaç örneğinin yapılan kimyasal analiz sonuçları çinkonun 10-90 ppm arasında değiştiğini göstermiştir. Aritmetik ortalaması 39.64, standart sapması 16.18, medyanı 36.50, modu 30.21 ve değişim katsayısı 0.41'dir. 0.58 asimetri ile sağa çarpık dağılım gösterir. Zayıf bir lognormal dağılım karakteri sergileyen çinok'ya ait histogram, normal dağılıma uyarlama fonksiyonu ile birlikte Şekil 8.1.c'de gösterilmiştir.

Balcılı granitoidlerinden alınan 140 kayaç örneğinin kimyasal analizi, kurşunun 1-18 ppm arasında değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Aritmetik ortalaması 4.88, standart sapması 2.83, medyanı 4.15, modu 2.69 ve değişim katsayısı 0.58'dir. 0.77 asimetri ile sağa çarpık dağılım gösterir. Çinkoya oranla daha kuvvetli bir lognormal dağılım sergilerler. Normal dağılıma uyarlama fonksiyonu ile birlikte kurşunun histogramı Şekil 8.1.d.'de verilmiştir.

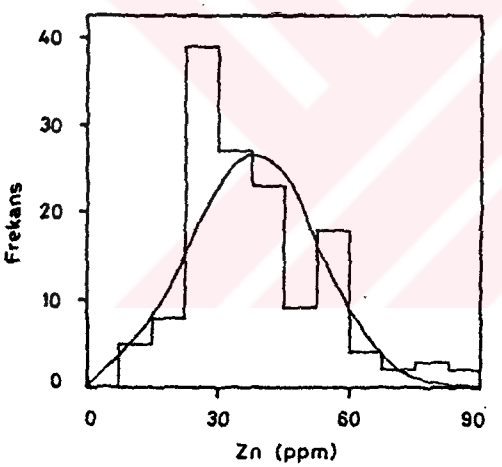
Bakır, molibden, çinko ve kurşun'un klasik anomali değerlendirme yöntemine göre temel, eşik ve muhtemel anomali değerleri Tablo 8.1'de gösterilmiştir.



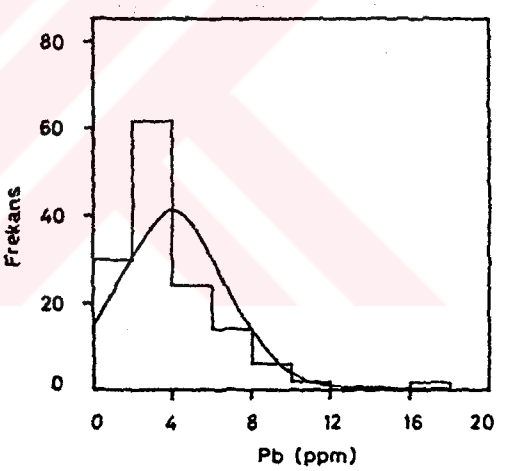
(a)



(b)



(c)



(d)

ŞEKİL: 8.1. İnceleme Alanında
a) Bakır,
b) Molibden,
c) Çinko,
d) Kurşun'un Normal Dağılıma Uyarlama Fonksiyonu ile Birlikte Frekans Dağılımı.

TABLO: 8.1. İnceleme Alanında Bakır,Molibden,Çinko ve Kurşun'un Temel, Eşik ve Muhtemel Anomali, Değerleri.

	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)
Temel Değer	468.52	276.32	55.86	7.99
Eşik Değer	611.14	415.43	72.44	11.22
Muhtemel Anomali	753.76	554.53	89.02	14.45

Bakır ile pozitif ilişki 0.80 korelasyon katsayısı ile çinko arasında mevcuttur. Molibden ve kurşun'un bakır ile olan ilişkileri sırası ile -0.14 ve -0.32 korelasyon katsayıları ile negatif değişim içindedir. Molibden, kurşun hariç diğer elementlerle zayıf negatif değişimler sunar. Kurşun ile olan ilişkisi ise sıfıra yakın pozitif korelasyon ile (0.04) önemsizdir. Balcılı porfiri bakır sahasında çinko'nun kurşun ile olan değişimi -0.27 korelasyon ile zayıf bir negatif seyir içinde gelişmiştir.

8.2. Polinoma Uyarlama Analizi

Mineralizasyon sahaları genelde homojen dağılım sergilemeyen ve konsantrasyonları sık sık değişim gösteren alanlardır. Arama jeokimyası kapsamında yürütülün çalışmalarda, incelemeye konu olan değişkenin saha içinde dağılımını jeolojik faktörlerle belirlemek ve denetlemek, bir sonraki adımda alınacak kararların bağlayıcılığı konusunda önemli bilgiler verir. Verilerin herhangi bir işleme tabi tutulmadan coğrafik koordinatlarda sunumu, sözünü ettiğimiz karmaşık dağılımlar sunan değişkenlerin yorumlanmasında bazı zorlukları da beraberinde getirebilir. İşte bu aşamada, matematiksel bir model

olarak geliştirilen ve mineralizasyona ait yersel ve bölgesel değişimleri daha gerçekçi bir yaklaşımla değerlendirebilen polinoma uyarlama analizinin temel teknik ve işlemlerinden yararlanabiliriz.

1960'lı yıllardan sonra yerbilimlerinde uygulama alanı bulan yöntem bir çok araştırmaya konu olmuştur (MACHOWSKI ve diğerleri, 1967; SINCLAIR, 1967; MATHEWS ve diğerleri, 1975; OLIVERA, 1979; AYKOL ve YAVUZ,1991; YAVUZ ve AYKOL, 1991). Eldeki verilere polinoma uyarlama analizinin uygulanması sırasında takip edilecek adımlar ve bunların matematiksel ifadeleri, bir çok araştırıcı tarafından ele alınmıştır (AGTERBERG,1964; KRUMBEIN ve GRAYBIL, 1965; HARBAUGH ve MERRIAM,1968; WHITTEN, 1970; WETSON, 1971; AGTERBERG, 1974; AGTERBERG ve CHUNG, 1975; HOWARTH,1983; DAVIS,1986).

Verilerin analiz tekniği ile kaçıncı dereceye kadar değerlendirilmesi ile ilgili çeşitli görüşler vardır. Üçüncü dereceye kadar bir polinoma uyarlama analizinin, dağılımın doğası hakkında yeterince bilgiler vereceği ve hesaplamalarda artan matris boyutundan kaynaklanan değerlendirme hatalarından ötürü üst limitin beşinci dereceye kadar olacağı konusunda araştırmacılar arasında uyum vardır. Polinoma uyarlama analizinde artan dereceye bağlı olarak gelişen eğri yüzeyi ve matris boyutu Tablo 8.2'de verilmiştir.

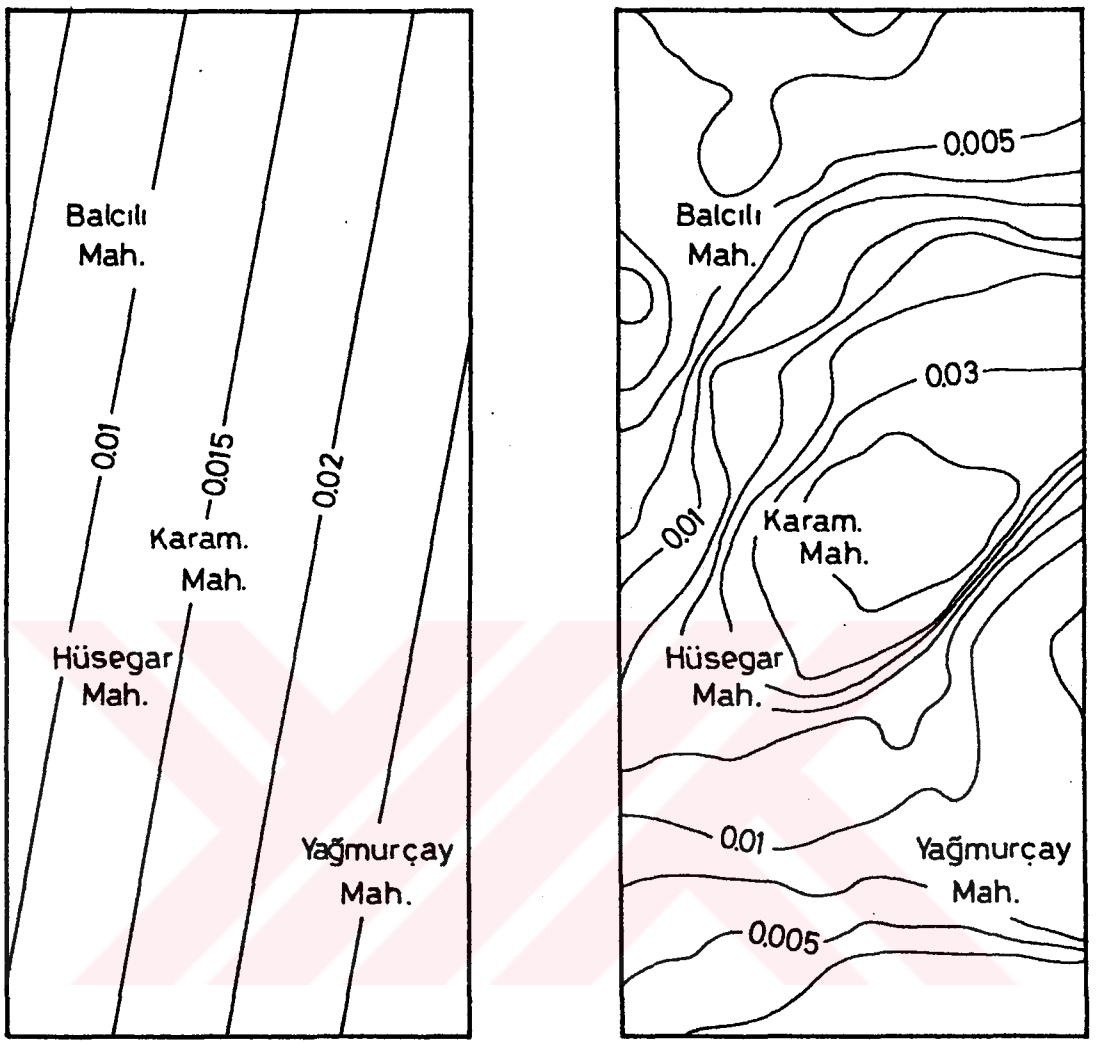
TABLO: 8.2. Polinoma Uyarlama Analizinde Artan Dereceye Bağlı Olarak Gelişen Fonksiyonel Yüzey İlişkisi (AGTERBERG,1974'den Değiştirilerek).

Eşitlik	Derece	Eğri	Matris Boyutu	Yüzey
Lineer	1	1	3x3	2
Kuadratik	2	2	6x6	5
Kübik	3	3	10x10	9
Kuartik	4	4	14x14	14
Kuintik	5	5	21x21	20
Sektik	6	6	28x28	27
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
k	k	k	$(\frac{1}{2}\ k(k+3))+1$	$\frac{1}{2}\ k(k+3)$

Orijinal veriler ile analiz tekniğinin yarattığı değerlerin istatiksel olarak önemi ve bunların birbirlerine uyumluluğu , korelasyon katsayısı ile denetlenir. F-değeri ve standart sapma da bu işlem için göz önünde bulundurulabilir.

8.3. Balcılı Porfiri Bakır Sahasına Polinoma Uyarlama Analizinin Uygulanması

Balcılı mineralizasyon sahasından derlenen 140 adet kayaç örneğinin bakır değerleri için polinoma uyarlama analizi, beşinci dereceye (kuintik) kadar yürütülmüştür. Lineer polinoma uyarlama analizi,inceleme alanında Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda ve Güneydoğu'ya doğru artan oranda konsantrasyon seyrini işaret eder (Şekil 8.2.a).



ŞEKİL: 8.2. Balcılı Porfiri Bakır Sahasında Bakır'ın a) Lineer, b) Kuadratik polinoma Uyarlama Analizi Kontur diağramları.

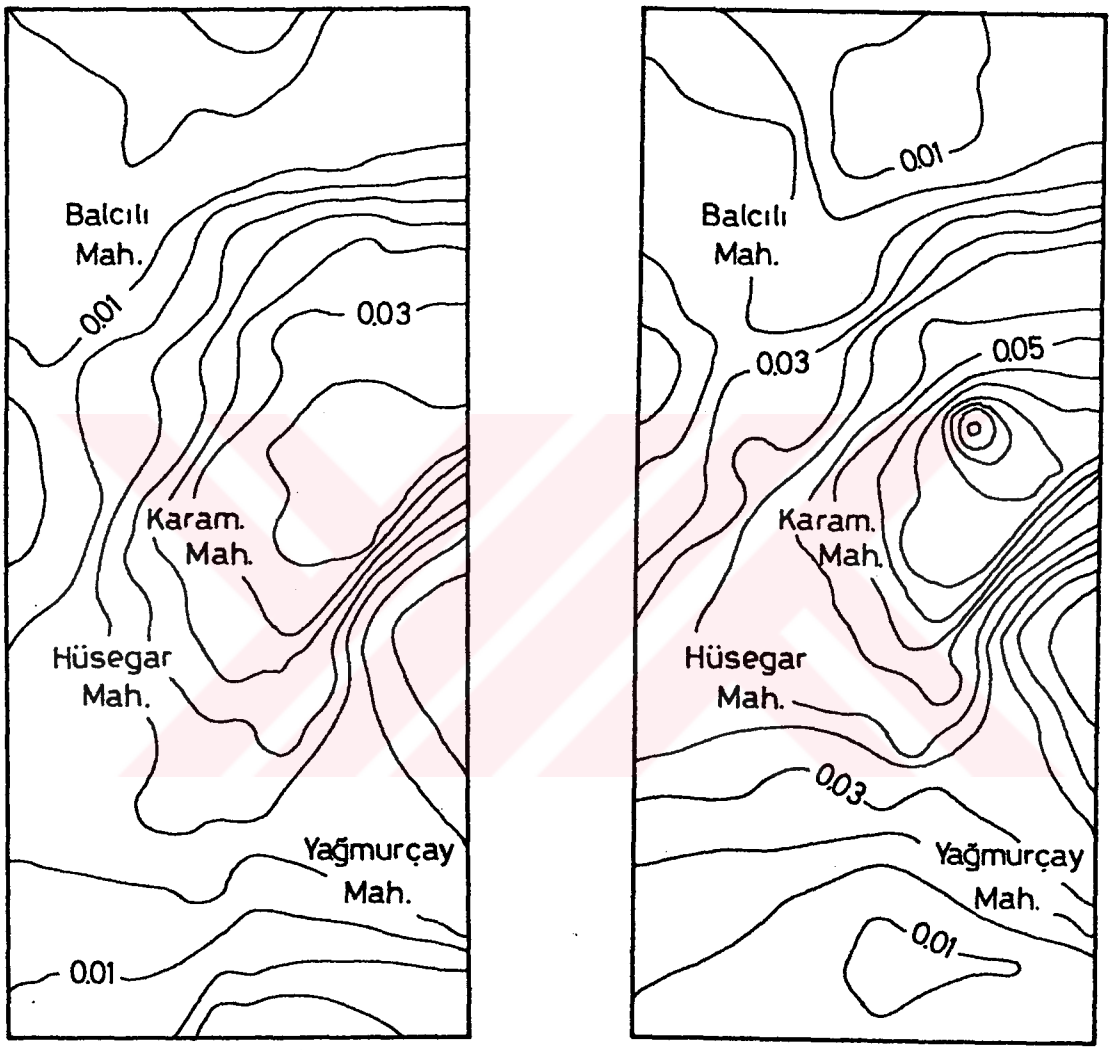
Bu trend, Balcılı porfiri bakır sahasında yer alan tonalit ve granodiorit bileşimli kayaçları Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda kateden ve kırıklanma dolğusu şeklinde bakır mineralizasyonu içeren faylarla ilişkilidir.

Kuadratik polinoma uyarlama analizine ait konturlar uzun ekseni Kuzeydoğu-Güneybatı, kısa ekseni Kuzeybatı-Güneydoğu uzanımlı pozitif bir elipsoidal geometrik şekli ortaya koyar(Şekil 8.2.b.). Arazi gözlemleri ve laboratuvar çalışmaları, inceleme alanında yegane cevherleşmenin Hüsegar fayı olarak adlandırılan ve kırıklanmadan ötürü muhtemelen sonraki bir evrede kayacın zayıf zonlarını sıvayan kesimlerde odaklandığını göstermektedir. Bu fay elipsoidin uzun ekseninin birinci tarafındaki (alt kesim) sınırını teşkil etmektedir. Karamanlar mahallesinin Kuzeyinden geçen ikinci bir faylanma, konsantrasyon açısından daha zayıf bir cevherleşme ile elipsoidin uzun ekseninin ikinci tarafını (üst kesim) sınırlamaktadır. Elipsoidin Hüsegar mahallesi civarında daha keskin, Karamanlar mahallesi civarında daha tedrici kontraslar göstermesinin nedeni buradan kaynaklanmaktadır.

Kübik polinoma uyarlama analizi yine Kuzeydoğu-Güneybatı uzanımlı elipsoidin sınırlarını çizmektedir. Kuadratikten farklı olarak bu aşamada birincisi Yağmurçay mahallesi Kuzeyinde, ikincisi Balcılı mahallesi civarında merkeze doğru azalan değerler sunun elipsoidlerin hiderbolleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 8.3.a).

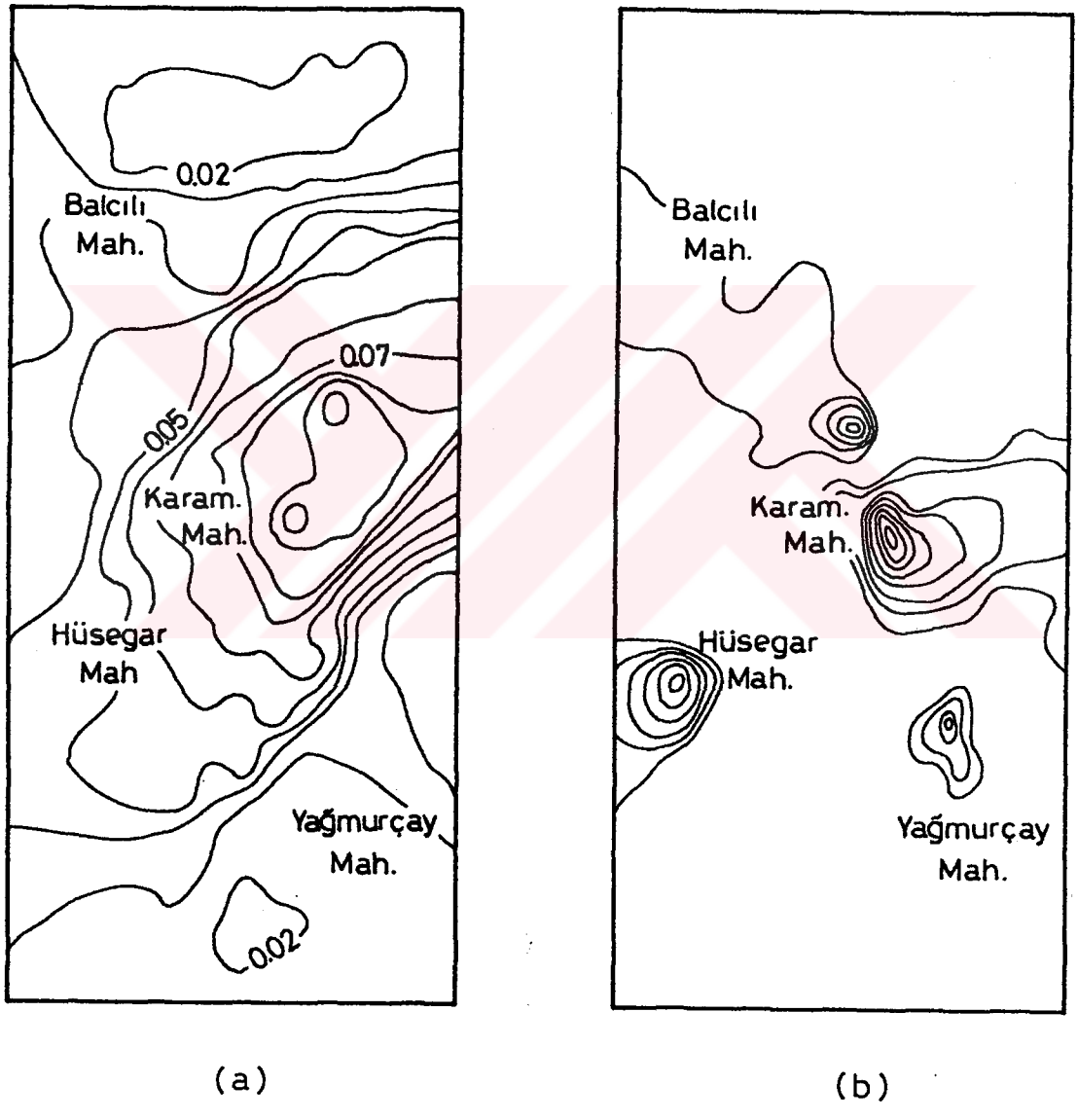
Şekil 8.3.b'de kuartik polinoma uyarlama analizinin kontur diağramları görülmektedir. Burada aşama aşama izlediğimiz Kuzeydoğu-Güneybatı ana elipsoidinin çevresinde belirmeye başlayan ve tümünün merkezlerine doğru azalan değerlerin izlendiği tali elipsoidlerin hiperbolleri, daha açık bir şekilde görülmektedir. Bu elipsoidlerden birincisi Kuzeyde Balcılı mahallesinde, ikincisi Yağmurçay mahallesinin Güneyinde 100'er ppm Cu değerleri ile kapanımlar yapmaktadır.

Üçüncü ve dördüncü negatif elipsoidlerin merkezleri, inceleme alanının dışına taşarak Kuzeybatı ve Güneydoğu yönlerinde ana elipsoidi hiperbolleri ile sınırlamaktadır.



ŞEKİL: 8.3. Balcılı Porfiri Bakır Sahasında Bakır'ın a) Kübik, b) Kuartik Polinoma Uyarlama Analizi Kontur Diağramları.

Şekil 8.4.a'da kuintik polinoma uyarlama analizine ait kontur diağramı görülmektedir. Bu şekil bize, bu aşamadan sonra arttırılacak bir iki derecenin, dağılımın karakterini fazla oranda değiştirmeyeceğini izah etmektedir. Ancak farklı olarak, yersel noktalarda kapanımlar yapan pozitif veya negatif konsantrasyonların sınırlarını ortaya çıkaracaktır.



(a) (b)

ŞEKİL: 8.4. Balcılı Porfiri Bakır Sahasında Bakır'ın a) Kuintik, b) Kuintik Residüel Polinoma Uyarlama Analizi Kontur Diağramları.

Bir sahada lokal mineralizasyonların yeri; orijinal değerlerden, polinoma uyarlama analizi değerlerinin farkını almak sureti ile teşkil edilen ve residüel olarak adlandırılan kontur diağramlarının hazırlanması sureti ile belirlenebilir. Pozitif anomali sınırları mineralizasyonu, negatif anomali sahaları ise elementlerin yıkanmasını yada tüketilmesini işaret eder. Bu amaçla Balcılı mineralizasyon sahası için oluşturulan kuintik residüel kontur diağramı Şekil 8.4.b.'de verilmiştir. İnceleme alanında, kabaca dört ayrı lokasyonda pozitif anomali ortaya çıkmıştır. Hüsegar mahallesinde ortaya çıkan anomali bu kesimde yer alan dasitlerin kırıklanma yüzeyleri boyunca taşımış oldukları birincil ve onların ayrışımı ile teşkil edilen ikincil bakır cevherlerinden kaynaklanmaktadır. 555 ppm Cu değerleri ile kontur teşkil eden bu anomalide alterasyonun etkisi büyüktür. Karamanlar mahallesindeki ikinci anomali tonalit, granodiorit bileşimli kayaçların bulunduğu alanda zayıf bir konsantrasyon ile(243 ppm) gelişmiştir. Hüsegar mahallesinin Kuzeydoğusundaki en önemli anomali sahası granodioritlerde yer almakta ve bu kesimden geçen Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu fay'ında etkisi bu 597 ppm Cu değerine ulaşmaktadır. Yağmurçay mahallesinin Kuzeyinde yer alan dördüncü anomali de yine zayıf bir konsantrasyon ile (281 ppm) granodiorit-granit bileşimli kayaçların yayılım gösterdiği alanlarda yer almaktadır.

8.3.1. Test İstatistiği

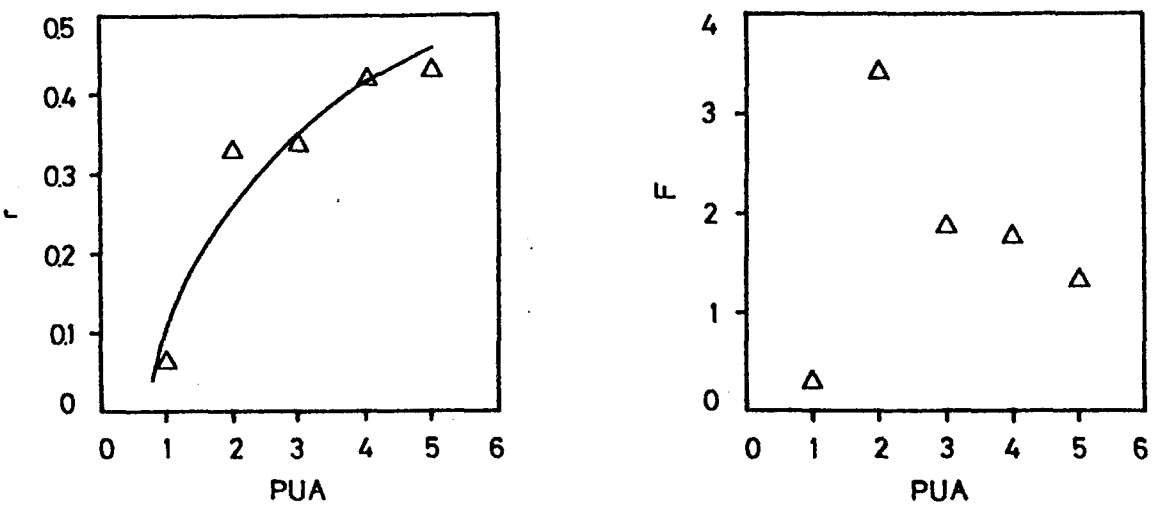
Elde edilen polinoma uyarlama analizi çıktılarının orijinal verilere ne kadar uyumlu olduğunu belirlemek amacı ile test istatistiği tekniği uygulanmıştır. DAVİS(1973), 0.4-0.6 arasında yer alan korelasyon katsayısının yorumlanabilir sonuçlar ortaya koyduğunu ve 0.7'den büyük değerlerin orijinal verilere çok

yaklaştığını ifade etmiştir. OLIVERA (1979), aynı değer aralığına sahip rastgele üretilmiş sayılara kübik polinoma uyarlama analizinin uygulanması ile korelasyon katsayılarının 0.3'den küçük değerler aldığını belirtmiştir.

Balcılı mineralizasyon sahasındaki polinoma uyarlama analizi sonuçlarına uygulanan test istatistiği sonuçları Tablo 8.3'de, korelasyon ve F-değerlerinin grafiksel sunumu ise Şekil 8.5'te gösterilmiştir.

TABLO: 8.3. Balcılı Mineralizasyon Sahasında Artan Polinom Derecesine Bağlı Olarak Saptanan İstatiksel Parametreler.

PUA	Korelasyon kat.	Standart Sapma	Değişim Kat.	F-Değeri
Lineer	0.06	0.0020	10.32	0.26
Kuadratik	0.33	0.0106	55.61	3.43
Kübik	0.34	0.0108	56.71	1.87
Kuartik	0.42	0.0136	79.94	1.79
Kuintik	0.43	0.0137	71.71	1.34



ŞEKİL: 8.5. Balcılı Mineralizasyon Sahasında Artan Polinom Derecesine Bağlı Olarak a) Korelasyon Katsayısı b) F-Değerinin Değişimi.

Genelde polinom derecesi arttıkça, verilerin orijinal değerlere olan uyumluluğu artar. Diğer bir ifade ile, artan derece ile korelasyon katsayası arasında pozitif bir ilişki söz konusudur. Aslında, artan polinom derecesine bağlı olarak verilerin orijinal değerlere olan uyumluluğu, ancak gerçek teorik yüzeye ulaşılıncaya kadar devam eder. Bu aşamadan sonra korelasyon katsayısı azalır ve buna paralel olarak ta uyumluluktan uzaklaşılır. Bu ilişki hesaplanan değerlerin mineralizasyon sahasında kaçıncı dereceden bir fonksiyon ile karakterize edilebiceğini de gösterir. Artan dereceye bağlı olarak korelasyon değerlerindeki artışa karşın F-değerlerinde tersine bir ilişki beklenir. Polinom derecesi arttıkça F-değerinde azalma olur.

Tablo 8.3'deki verilerin değerlendirilmesi ile izleyen sonuçlar ortaya çıkmıştır. Balcılı porfiri bakır yatağında artan polinoma uyarlama analizi derecesine bağlı olarak korelasyon katsayısında tedrici bir artış vardır. Bu artış Şekil 8.5.a.'dan da izleneceği üzere $y=0.22\ Lnx+0.10$ gibi logaritmik bir fonksiyonla temsil edilir. Korelasyon katsayısı 0.06 ile 0.43 arasında değişmektedir. Bu değer aralığı, DAVIS'in (1973) değerlendirmesine göre sahanın orijinal bakır konsantrasyonunu yansıtır. Öte taraftan DAVID'e(1977) göre 0.4-0.7 konsantrasyon aralığı ile vasat bir ilişki ile temsil edilmektedir. Özellikle metalik cevherleşmelerde mineralizasyonun homojen bir dağılım sergilememesi ve belirli yerlerde aşırı değerlerin ortaya çıkması, 0.5'in üzerinde bile korelasyon değerlerine ulaşılma olasılığını oldukça sınırlamaktadır. Jeolojik değişkenlerin farklı sayıda etmenler tarafından denetlendiği böylesi durumlarda, DAVIS'ın(1973) verdiği değerlendirme aralığının izahı daha kolay sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Bu verilerin ışığı altında denebilir ki, Balcılı porfiri

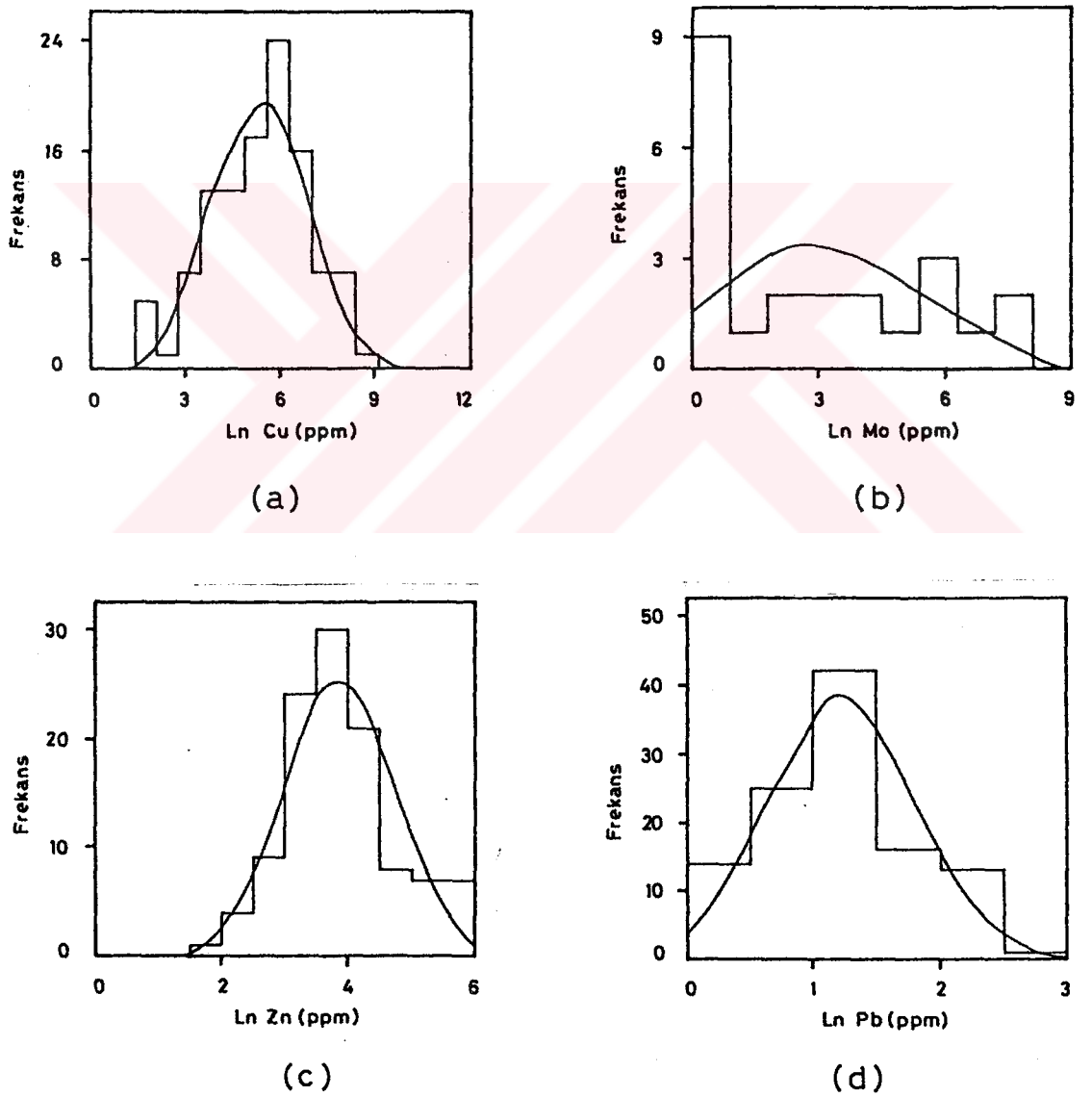
bakır sahasında, bakır mineralizasyonu 0.43 korelasyon katsayısı ile beşinci dereceden bir polinomla karakterize edilmektedir. Ancak Şekil 8.5.a'daki seyir cevherleşmenin daha yüksek dereceli bir polinoma uyarlama analizinin karakteristiği olduğunu destekler görünmektedir. F-değeri genelde artan polinom derecesi ile azalan seyir içindedir. Fakat lineer polinoma uyarlama analizinde nedereyse sıfıra yakın bir korelasyonun ortaya çıkmasından ötürü, aldığı 0.26 değeri ile önce artan sonra azalan bir görünüm arz etmektedir.

8.4. Güzelyayla Cevher Sahası İz Elementlerinin İstatiksel Değerlendirmesi

Güzelyayla porfiri bakır sahasından toplanan 111 adet kayaç örneğinin kimyasal analizleri sonucunda bakırın 5-4690 ppm arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Aritmetik ortalaması 646.39, standart sapması 849.26 medyanı 365.13, modu-197.39 ve değişim katsayısı 1.31'dir. Belirgin bir pozitif asimetri (0.99) ile sağa çarpık dağılım gösteren bakır aynı zamanda kuvvetli bir lognormal dağılım karakterine de sahiptir. e tabanına göre logaritmaları alınmış verilerin normal dağılıma uyarlama fonksiyonu ile birlikte histogramı Şekil 8.6.a.'da gösterilmiştir.

Cevherli volkanik-subvolkanik dasitlerden ve bunları değişik doğrultularda kat eden kuvars damarlarından derlenen 21 adet kayaç örneğinin kimyasal analizi sonucunda molibdenin 2-708 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Aritmetik ortalaması 145.38, standart sapması 155.67, medyanı 93.18, modu-11.19 ve değişim katsayısı 1.07'dir. 1.00 asimetri değeri ile sağa çarpık dağılım gösteren molibden aynı zamanda kuvvetli bir lognormal dağılım karakteri de sergiler (Şekil 8.6.b).

İnceleme alanından alınan 111 adet kayaç örneğinin kimyasal analiz sonuçları, çinkonun 5-368 ppm arasında değiştiğini göstermiştir. Aritmetik ortalaması 72.97 standart sapması 80.38, medyanı 48.10, modu -1.62 ve değişim katsayısı 1.10'dur. 0.93 asimetri katsayısı ile sağa çarpık dağılım sergileyen çinkonun kuvvetli bir log-normal dağılım karakteri söz konusudur. Normal dağılıma uyarlama fonksiyonu ile teşkil edilen histogramı Şekil 8.6.c'de verilmiştir.



ŞEKİL: 8.6. İnceleme Alanında a) Bakır, b) Molibden, c) Çinko, d) Kurşun'un normal dağılama uyarlama fonksiyonu ile birlikte frekans dağılımı.

Güzelyayla porfiri bakır sahasından alınan 111 adet kayaç örneğinin kimyasal analiz sonuçları, kurşun'un 0-20 ppm arasında değişim gösterdiğini ifade eder. Aritmetik ortalaması 4.16, standart sapması 2.42, medyanı 3.52, modu 2.33 ve değişim katsayısı 0.58'dir. 0.80 asimetrik katsayısı ile sağa çarpık dağılım gösterir. Kuvvetli bir lognormal dağılım sergileyen kurşun'un normal dağılıma uyarlama fonksiyonu ile birlikte histogramı Şekil 8.6.d'de gösterilmiştir.

Klasik anomali değerlendirme yöntemine göre bakır, molibden, çinko ve kurşun arasında teşkil edilen temel eşik ve muhtemel anomali değerleri Tablo 8.4'de verilmiştir.

TABLO: 8.4. İnceleme Alanında Bakır, Molibden, Çinko ve Kurşun'un Temel, Eşik ve Muhtemel Anomali Değerleri.

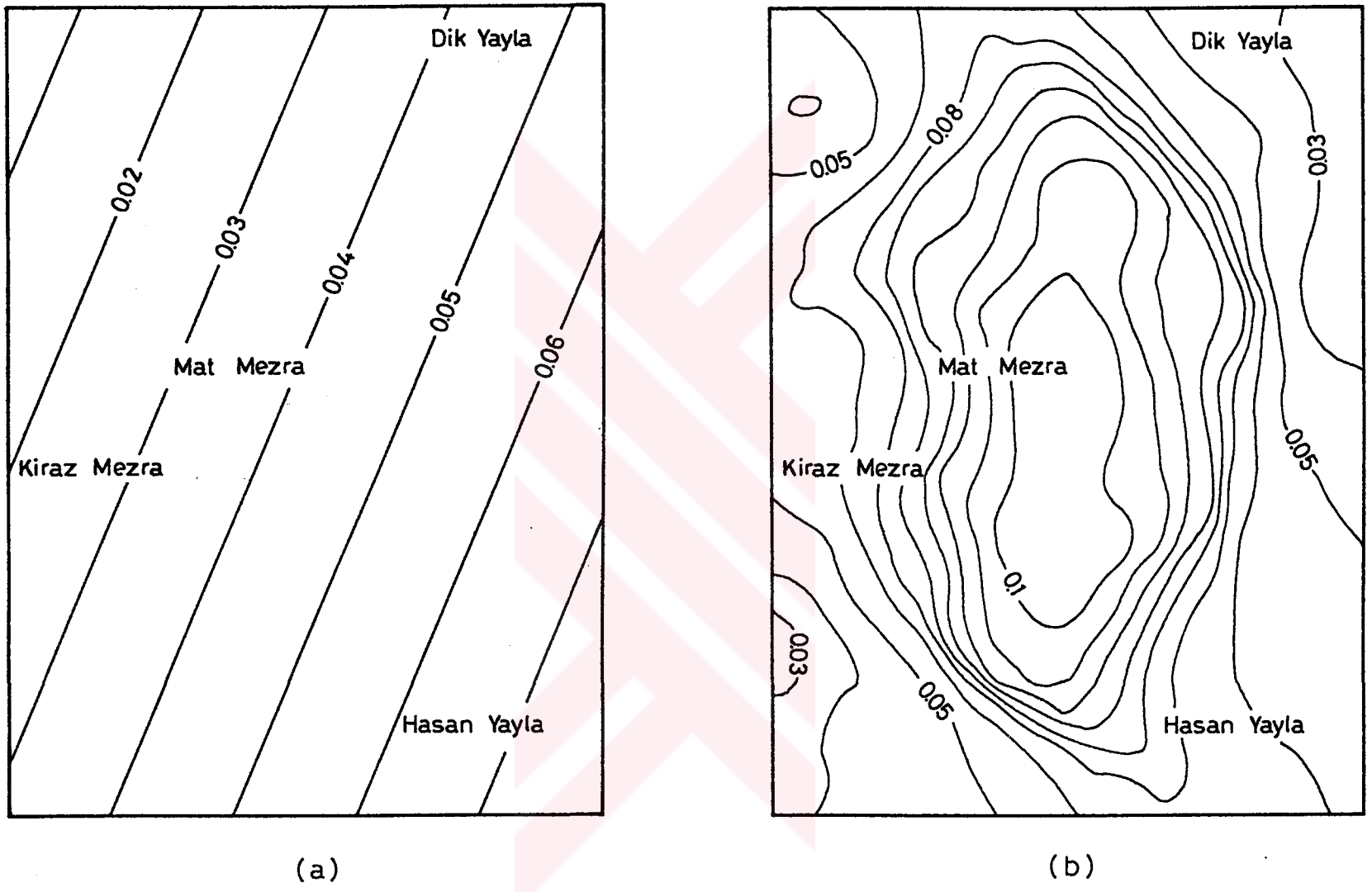
	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)
Temel Değer	1551.09	308.83	158.44	7.64
Eşik Değer	2335.78	472.28	239.39	10.84
Muhtemel Anomali	3120.48	635.74	320.36	14.01

Güzelyayla porfiri bakır sahasında bakır, söz konusu elementlerin tümü ile zayıf bir pozitif ilişki içindedir. Bu ilişki molibden, çinko ve kurşun ile sırasıyla 0.28, 0.37 ve 0.36 korelasyon katsayılarıyla belirginleşmektedir. Molibden, bakır hariç diğer elementler ile zayıf bir negatif değişim içindedir. Çinko, kurşun ile 1.00'e yakın korelasyon katsayısıyla oldukça iyi bir lineer değişim sunar.

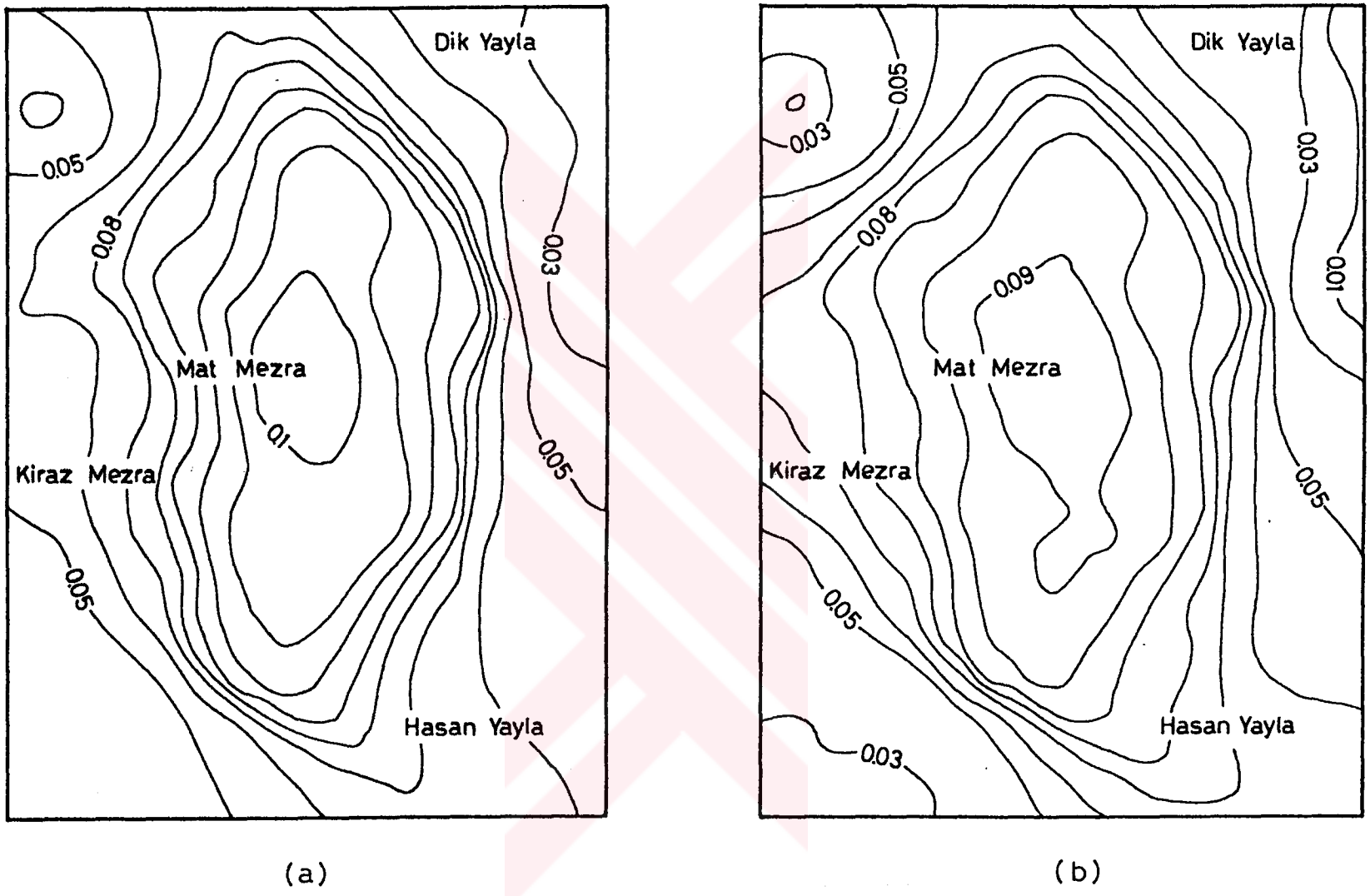
8.5. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasına Polinoma Uyarlama Analizinin Uygulanması

Güzelyayla porfiri bakır sahasından derlenen 106 adet kayaç örneği bakır değerlerine polinoma uyarlama analizinin uygulanması beşinci dereceye kadar yürütülmüştür. Lineer polinoma uyarlama analizi, çalışma alanında Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu ve Güneydoğu'ya artan bakır konsantrasyonunun varlığını ortaya çıkarmıştır (Şekil 8.7.a). Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu faylarla konsantrasyon doğrusunun benzerlik sunması, cevherleşme ile yapısal unsurlar arasında ilişkinin varlığını ön plana çıkarmaktadır.

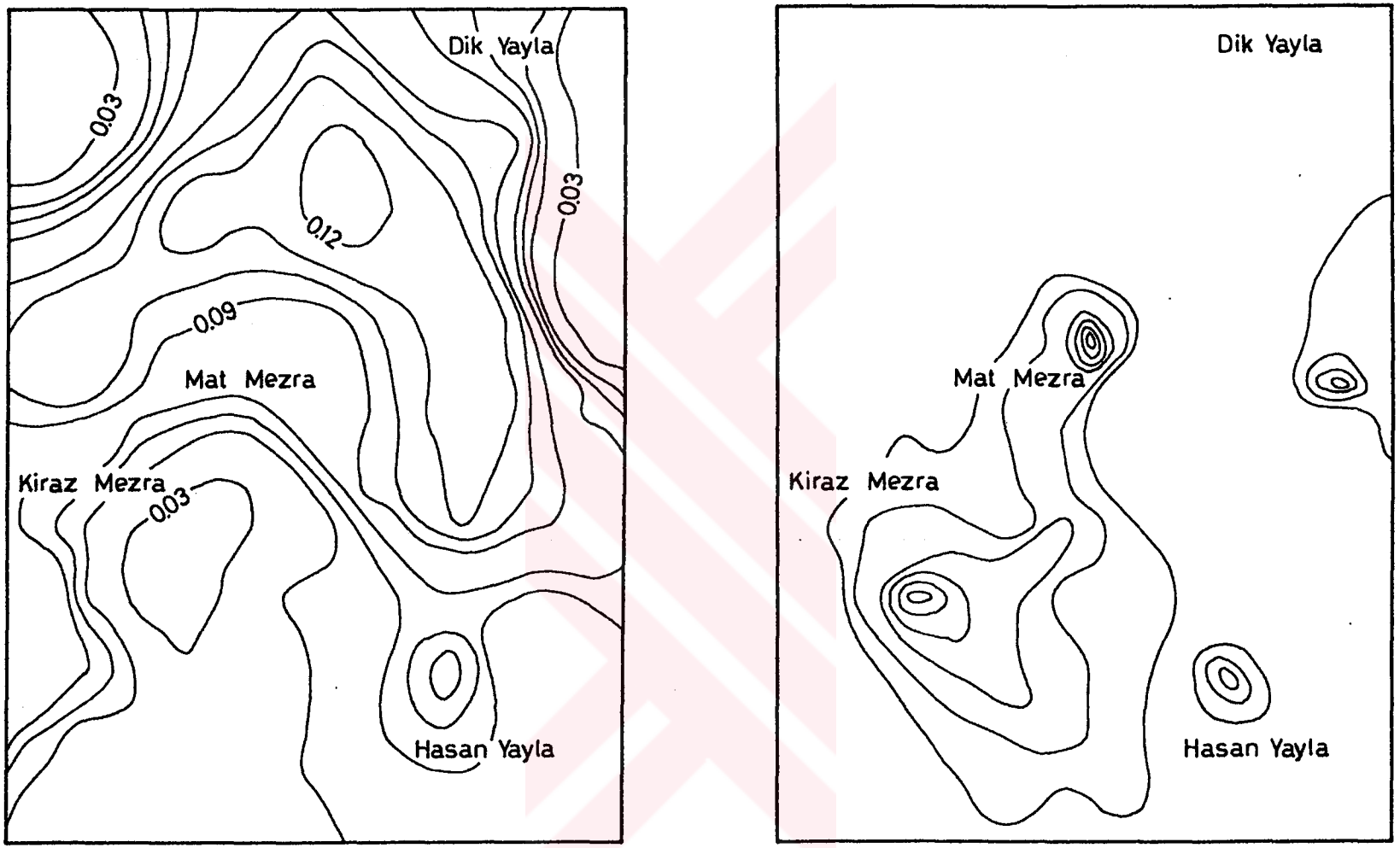
Kuadratik polinoma uyarlama analizi, uzun ekseni Kuzey-Güney doğrultulu bir pozitif elipsoidal kontur diagramı yaratmıştır (Şekil 8.7.b). Şekilde, Mat mezranın Kuzeybatısında, ve Güneybatısında iki lokasyonda negatif elipsoidal konsantrasyon kapanımları da izlenebilmektedir. Güzelyayla cevherleşme sahasındaki bakır verilerine uygulanan kübik ve kuartik polinoma uyarlama analizi sonuçları, konsantrasyon diağramının yayılımında önemli bir değişiklik yaratmamıştır(Şekil 8.8.a,b). Kuintik polinoma uyarlama analizi, üç ayrı lokasyonda pozitif elipsoidal konsantrasyon alanının varlığını ortaya koymuştur (Şekil 8.9.a). Birinci konsantrasyon alanı, Kiraz mezra civarında yaklaşık olarak Kuzeydoğu-Güneybatı uzanımlı bir geometrik elipsoidal şekile tekabül eder. Cevherli dasitler ile cevherli subvolkanik dasitlerin egemen olduğu alanlarda yayılım gösterir.



ŞEKİL: 8.7. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasında a) Lineer, b) Kuadratik Polinoma Uyarlama Analizi Kontur Diağramları.



ŞEKİL: 8.8. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasında a) Kübik, b) Kuartik Polinoma Uyarlama Analizi Kontur Diağramları.



(a) (b)

ŞEKİL: 8.9. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasında Bakır'ın a) Kuintik, b) Kuintik Residüel Polinoma Uyarlama Analizi Kontur Diağramları.

İkinci konsantrasyon alanı, Mat mazranın Kuzeyinde yaklaşık olarak Kuzeybatı-Güneydoğu uzanımlı geometrik elipsoidal şekil ile gelişmiştir. Cevherli dasitler ile andezitlerin egemen olduğu alanda ortaya çıkan bu kapanım, inceleme alanında konsantrasyon açısından en önemli kesime tekabül etmektedir. Üçüncü konsantrasyon alanı, Hasan yayla'nın kuzeyinde cevherli dasitler içinde yer alan bazaltik andezitlerin hakim olduğu kesimlerde gelişmiştir.

Bir polinomial uyarlama analizinde bu şekilde farklı lokasyonlarda farklı konsantrasyon kapanımlarının gelişmesi mineralizasyonun kayaçlar içinde homojen bir dağılım sergilemediğini ve farklı evrelerde gelişen cevherleşmenin, alterasyonun ve yapısal unsurların böylesi bir gelişmede etkili olduğu fikrini destekler görünümdedir. Kuintik polinoma uyarlama analizinin residüel konsantrasyon diağramı Şekil 8.9.b'de gösterilmiştir. Çalışma alanında başlıca dört ayrı koordinatta pozitif anomali sahası ortaya çıkmıştır. Birinci anomali Mat mezrada cevherli dasitler içinde 2968 ppm Cu değeri ile gelişmiştir. İkinci anomali Kiraz mezranın Güneybatısında cevherli dasitler ile cevherli subvolkanik dasitler içinde 1590 ppm Cu değeri ile belirginleşmiştir. Üçüncü anomali Hasan Yaylanın Kuzeyinde bazaltik andezitlerde 1095 ppm Cu ve dördüncü pozitif anomali ise Mat mezranın Doğusunda cevherli dasit ve andezitlerde 1203 ppm Cu değerleri ile belirlenmiştir.

8.5.1. Test İstatistiği

Güzelyayla mineralizasyon sahasındaki polinoma uyarlama analizi sonuçlarının test istatistiği değerlendirmeleri Tablo 8.5.'te verilmiştir. Tablodaki verilerin değerlendirilmesi ile Güzelyayla cevherleşme

sahasında polinoma uyarlama analizi sonuçları ile ilişkili olarak izleyen genellemeler yapılabilir. Lineer polinoma uyarlama analizi, sıfıra yakın korelasyon ile, bakır konsantrasyon dağılımının daha yüksek dereceli bir polinomla karakterize olunabileceğini göstermiştir.

TABLO: 8.5. Güzelyayla Mineralizasyon Sahasında Artan Polinom Derecesine Bağlı Olarak Saptanan İstatiksel Parametreler.

PUA	Korelasyon kat.	Standart sapma	Değişim kat.	F-değeri
Lineer	0.009	0.001	1.64	0.005
Kuadratik	0.275	0.032	46.36	1.63
Kübik	0.265	0.0312	44.67	0.80
Kuartik	0.252	0.030	43.31	0.41
Kuintik	0.387	0.044	62.68	0.71

Kuintik polinoma uyarlama analizi bir tarafa bırakılacak olursa, kuadratik polinoma uyarlama analizi inceleme alanında en yüksek korelasyon ile konsantrasyonun ikinci dereceden bir fonksiyonla karakterize edilebileceğini göstermektedir. Kübik ve kuartik polinoma uyarlama analizine ait korelasyonlarda azalma olması, konsantrasyonun ikinci dereceden bir fonksiyondan artan oranda uzaklaşması durumunda dağılımın karakterinden sapmalar olabileceğini vurgulamaktadır. Netice itibarı ile Güzelyayla porfiri bakır sahasında bakır'ın fonksiyonal konsantrasyonu düzensiz olarak değişmektedir. Ancak bu düzensiz değişim, sahanın bakır konsantarsyonu açısından Balcılı mineralizasyon sahasına oranla daha umut verici olduğunu ifade eder. Porfiri bakır yataklarında gözlenen çok fazlı mağmatik getirinin söz konusu düzensiz konsantrasyon dağılımında etkili olabileceği

düşünülebilir. Fakat farklı evrelerde gelişen mağmatik getirimler, ancak göreceli olarak yüksek tenörlü cevherleşme içeriyorsa anlam kazanır. Bu ifadenin ışığı altında denebilir ki, Balcılı mineralizasyon sahasında izlenen çok fazlı mağmatik getirim, bakır açısından yeterli konsantrasyonu ya beraberinde getirememiş yada geniş bir alana yayarak tenörün azalmasına yol açmıştır.

8.6. Ana Elemanlar Analizi

Jeokimyasal verilerin değerlendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılan çoklu veri analizi tekniğidir. Yöntem, bir bölgede yer alan cevherleşmede, hangi elementlerin karşılıklı olarak mineralizasyona direkt katkısı olduğu sorusuna etkin bir şekilde yanıt verir. İşlem açısından faktör analizine benzese de, bu iki veri değerlendirme yöntemi arasında önemli matematiksel ve kavramsal farklar vardır. Ana elemanlar analizi varyans-kovaryans, faktör analizi ise korelasyon matrisi oryantasyonludur (HOWARTH, 1983). LE MAITRE(1982), işleme tabi tutulan değişkenlerin aynı birimde (ppm veya %) olması durumunda hesaplamalar için varyans-kovaryans matrisinin, farklı olması durumunda ise korelasyon matrisinin kullanılabileceğini vurgulamıştır. Bir veri setindeki bazı değerlerin aşırı büyük olması durumunda, ortaya çıkacak düzensizlikler ve bunlarında beraberinde getireceği yanlış yorumlamalardan kaçınmak için çoğu kez veriler ana elemanlar analizi ile değerlendirilmeden önce logaritmik ve karekök gibi bazı dönüştürme işlemlerine tabi tutulurlar (BOX ve COX,1964; HOWARTH ve EARLE, 1979).

Ana elemanlar analizi, değişkenler için oluşturulan varyans-kovaryans veya korelasyon matrisinden öz değer ve özvektörlerin hesaplanması esasına dayanır. mxm'lik bir matristeki elemanlar, m-boyutlu bir elipsoid üzerindeki noktaları gösterir. Dolayısıyla matrisin öz vektörleri, elipsoidin ana eksenlerinin oryantasyonunu ortaya koyar. Özdeğerler ise bu eksenlerin uzunluklarını gösterir. Bir veri setindeki toplam varyans. O set için teşkil edilmiş olan mxm'lik ortogonal matrisin diagonali boyunca yer alan varyansların toplamına eşittir. Matrise ait özdeğerlerin toplamı, matrisin izi olarak adlandırılır. Her bir orjinal gözlemin $y_i = \sum_{j=1}^{n} \alpha_i x_i$ şeklindeki bir eşitlik ile dönüştürülmesi sonucu ortaya çıkan değerlere ana eleman yüklemeleri denir (DAVIS, 1986). Bu eşitlikte α_i öz vektörleri, x_i değişkenleri gösterir.

8.7. Ana Elemanlar Analizinin Balcılı Porfiri Bakır Sahasına Uygulanması

Balcılı sahasında yer alan ve granit'ten tonatit'e kadar değişim sunan cevherli kayaçlardan alınan 15 adet örneğin kimyasal özellikleri Tablo 8.6'da gösterilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ile ortaya çıkan varyans-kovaryans matrisi Tablo 8.7'de sunulmuştur. Varyans-Kovaryans matrisinden hesaplamalar sonucu oluşturulan her bir özvektörün toplam varyansa katkı yüzdeleri irdelendiğinde, bu sahada başlıca iki elemanın toplam % 99.95 kümülatif varyans değerleri ile belirleyici olduğu anlaşılmıştır. Bakır ve molibdenin dışındaki elementlerin ana elemanlar analizi değerlendirme yöntemine göre nicel büyüklükleri, söz konusu mineralizasyon sahasında önemli bir rol oynamamıştır. Bu iki elementin dışındaki değişkenlerin dikkate alınmaması durumunda anacak % 0.05'lik bir varyans kaybı ortaya çıkacak ve bu da değerlendirmelerde sorun yaratmayacaktır.

TABLO: 8.6. İnceleme Alanı Cevherli Kayaçlarına Ait İz Element analiz Sonuçları (ppm).

Kayaç No.	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	As	Sb	Se	Te	Cd	Ni	Co	W
BL1	336	589	5	17	0.10	0.20	1.60	0.10	0.10	0.30	0.20	9	8	8
BL2	155	101	37	36	0.40	0.15	1.10	0.20	0.10	0.10	0.50	15	9	2
BL3	212	638	6	14	0.20	0.20	0.40	0.20	0.30	1.90	0.80	10	11	5
BL4	155	404	11	53	0.10	0.35	3.20	3.50	0.10	1.60	0.70	9	11	2
BL5	397	102	4	7	0.10	0.20	0.30	0.30	0.20	0.20	0.50	10	6	2
BL6	3	37	8	64	0.10	0.10	2.10	0.20	0.30	0.10	0.50	7	34	116
BL7	60	90	10	37	0.10	0.10	0.40	0.20	0.20	0.80	0.50	12	11	3
BL8	5	452	2	56	0.10	0.30	0.20	0.10	0.20	0.30	0.50	10	11	2
BL9	3	1364	9	51	0.20	0.25	1.00	0.10	0.20	0.70	1.40	14	17	3
BL10	16	2913	2	131	1.60	0.50	1.90	0.50	0.30	0.20	2.60	24	32	2
BL11	3055	395	10	21	0.10	0.20	1.40	0.60	0.10	0.40	0.30	11	11	2
BL12	218	642	14	20	0.10	0.20	0.80	0.20	0.10	1.90	0.70	8	10	3
BL13	268	322	16	15	0.10	0.25	0.70	0.10	0.10	0.70	0.50	8	8	2
BL14	110	215	9	45	0.30	0.20	0.80	0.10	0.10	0.10	0.30	9	12	2
BL15	645	325	23	22	0.10	0.10	0.60	0.10	0.10	0.30	0.30	9	10	5

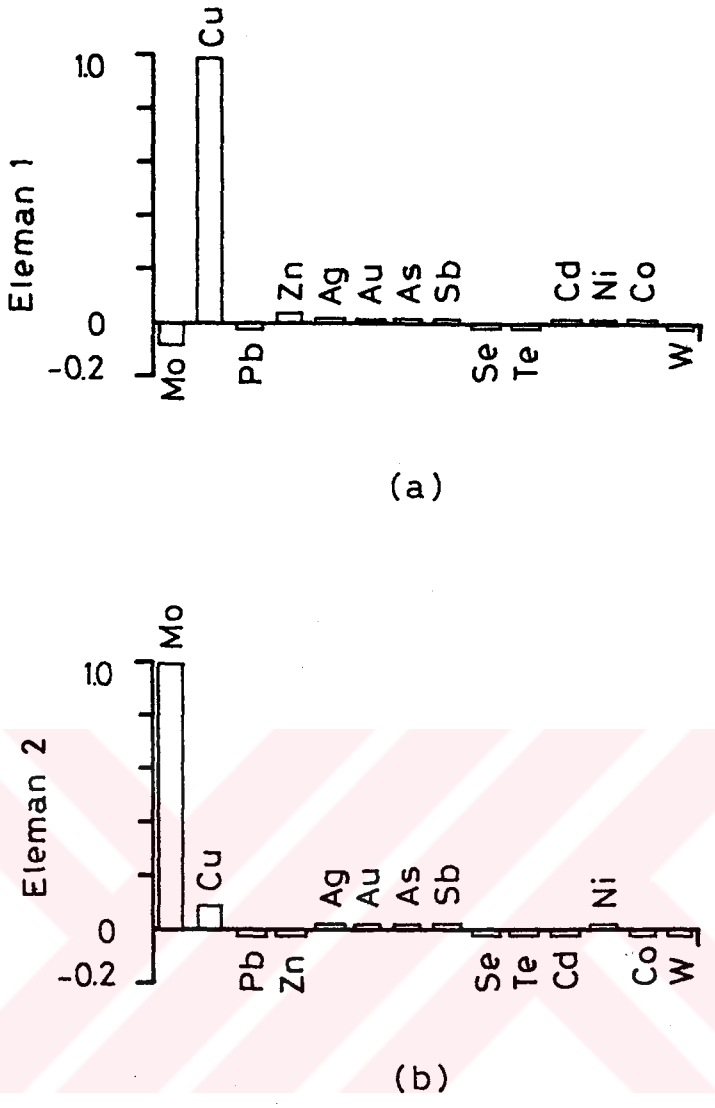
TABLO: 8.7. Tablo 8.6'da Yer Alan Değişkenler İçin Oluşturulan Varyans-Kovaryans Matrisi.

Değişken	Değişken													
	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	As	Sb	Se	Te	Cd	Ni	Co	Ni
Mo	580742.00													
Cu	-152329.00	213183.00												
Pb	287.85	-4227.69	81.78											
Zn	-7111.95	36258.00	-75.01	960.63										
Ag	-50.95	531.66	-0.49	9.74	0.140									
Au	-106.83	1201.41	-3.97	21.62	0.280	1.10								
As	27.38	310.42	-0.26	11.54	0.070	0.32	0.670							
Sb	23.19	17.46	-0.27	4.66	-0.006	0.36	0.520	0.740						
Se	-48.53	-91.44	-0.39	-5.19	-0.050	0.05	0.030	0.210	0.410					
Te	-5.94	-15.88	-0.11	-0.25	-0.003	-0.02	-0.008	-0.005	0.003	0.002				
Cd	-124.42	822.75	-1.55	14.79	0.200	0.47	0.120	0.030	0.010	-0.003	0.36			
Ni	-263.21	5296.93	-1.35	94.64	1.460	2.71	0.450	-0.150	-0.660	-0.030	2.15	17.71		
Co	-1284.17	7228.39	-21.67	208.24	1.880	2.59	3.100	-0.180	-1.330	0.060	3.10	15.28	69.25	
W	-3092.40	-6209.17	-26.11	182.04	-1.320	-10.23	8.020	-2.220	-4.240	0.590	-1.74	-34.00	164.02	853
Öz Değer	79.10	20.84	0.03	0.007	0.002	1.0E-4	6.0E-5	3.0E-5	1.0E-5	0.000	0.00	0.00	0.00	0.0

8.7.1. Eleman 1

Eleman 1, Balcılı porfiri bakır sahasındaki jeokimyasal değişkenlerin % 79.10 toplam varyansını içerir. Şekil 8.10'da görüleceği üzere Cu,Zn,Ag,Au,As,Sb,Cd,Ni ve Co pozitif yükleme değerlerine Mo, Pb, Se,Te ve W negatif yükleme değerlerine sahiptir. Eleman 1, Balcılı mineralizasyon sahasında birinci derecede önemli elementin % 99 yükleme değeri ile bakır olduğunu göstermektedir. Pozitif seyir sergileyen ikinci derecede önemli element % 0.02 yükleme değeri ile çinko'dur. Diğer elementler sıfıra son derece yakın değerler arasında seyretmekte olup, istatiksel olarak ilişkendirilmeleri de zordur. Ancak gümüş ve altın'ın pozitif trend göstermesi ilgi çekici olabilir.

Balcılı porfiri bakır sahasında molibden'e genelde mağmatik kayaçları kesen, yer yer 4-5 metre kalınlığa ulaşan geç evreye ait kuvars damarlarında rastlanmaktadır. Eleman 1'de molibdenin % 0.09 yükleme değeri ile negatif davranış göstermesi, inceleme alanındaki molibden'in bakır ile birlikte nadiren gözlenmesine bağlı olabilir. Bu sahadan alınan kayaç örneklerinin parlatmalarında molibden ve bakır'ın bir arada olduğu kesitler çok sınırlı sayıda olup korelasyonlarıda -0.14'tür.



ŞEKİL: 8.10. Balcılı Porfiri Bakır Sahasında Jeokimyasal Değişkenlerin İlk İki Elemanına Ait Yükleme Değerlerinin Grafiksel Sunumu.

8.7.2. Eleman 2

Jeokimyasal verilerin % 20.84 toplam varyansını kapsamında bulunduran Elaman 2, Şekil 8.10.b'de gösterilmiştir. izleneceği üzere, Mo,Cu,Ag,Au,As,Sb ve Ni pozitif yükleme değerlerine Pb,Zn,Se,Te,Cd,Co ve W ise negatif yükleme değerlerine sahiptir. Molibden % 99.50 ile en büyük yükleme, bakır % 0.1 değeri ile ikinci

derece önemli yükleme değerleri ile ön plana çıkmıştır. Elaman 1'de olduğu gibi molibden'in dışındaki diğer değişkenler sıfıra çok yakın pozitif ve negatif yükleme değerleri arasında değişmektedir. Molibden'in Eleman 2 de birinci derecede önem arz etmesinin nedeni, yüksek molibden içeriğinin daha çok kayacın bünyesinde disseminasyonlar şeklinde yer almış olmasıdır.

Balcılı mineralizasyon sahasında, ana elemanlar analizi değerlendirmelerine göre bakır her iki elemanda da pozitif seyir göstermiştir. Bu bize inceleme alanında bakır'ın önemli bir bileşen olduğunu ifade eder. Molibden Eleman 1'de negatif bir seyir ile daha ziyade kuvars damarlarındaki konsantrasyonu, Eleman 2'de önemli bir bileşen olarak da mağmatik kayaçların bünyesindeki konsantrasyonu yansıtmaktadır.

8.8. Ana Elemanlar Analizinin Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasına Uygulanması

Güzelyayla porfiri bakır sahasında yer alan ve andezit'ten dasit'e kadar değişim gösteren kayaçlardan alınan 11 adet kayaç örneğinin kimyasal analizleri Tablo 8.8'de gösterilmiştir. Ana elemanlar analizinin temel hesaplama tekniğinin verilere uygulanması ile elde edilen varyans-kovaryans matrisi Tablo 8.9'da sunulmuştur.

Varyans-kovaryans matrisinden hesaplamalar sonucu teşkil edilen her bir özdeğerin toplam varyansa katkı yüzdeleri dikkate alındığında, bu sahada iki elemanın toplam % 99.87 kümülatif varyans değeri ile belirleyici olduğu sonucu ortaya çıkar. Diğer bir ifade ile, 14 değişkenden 12'sini dikkate almadığımız zaman % 0.13 lük bir varyans kaybı ortaya çıkar ve bu değer ihmal

TABLO: 8.8. İnceleme Alanı Cevherli Kayaçlarına Ait İz Element Analiz Sonuçları (ppm).

Kayaç No.	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	As	Sb	Bi	Se	Cd	Ni	Co	W
GY1	441	592	14	23	0.10	0.15	0.30	0.10	0.30	0.10	0.40	10	8	9
GY2	708	763	2	23	0.20	0.20	0.40	0.30	0.40	0.10	0.70	16	28	4
GY3	282	4394	5	53	1.20	0.15	1.20	0.60	0.60	0.10	1.30	16	23	2
GY4	3172	3530	2	7	0.90	0.10	1.70	0.70	0.40	0.10	0.60	11	6	2
GY5	446	684	12	24	0.20	0.20	0.50	0.10	0.20	0.10	0.60	11	7	7
GY6	70	815	4	40	0.10	0.50	2.40	0.70	0.10	0.10	0.50	9	13	2
GY7	19	1986	3	276	0.30	0.20	1.40	0.50	2.10	0.20	2.90	14	23	8
GY8	3186	2983	5	64	0.40	0.20	0.70	0.60	0.70	0.10	1.10	14	12	2
GY9	142	677	2	39	0.10	0.35	1.00	0.30	0.30	0.30	0.80	14	7	2
GY10	369	4687	10	166	0.90	0.60	1.00	0.30	0.60	0.20	2.50	14	61	78
GY11	20	533	3	26	0.10	0.10	2.00	0.30	0.20	0.10	0.80	14	8	7

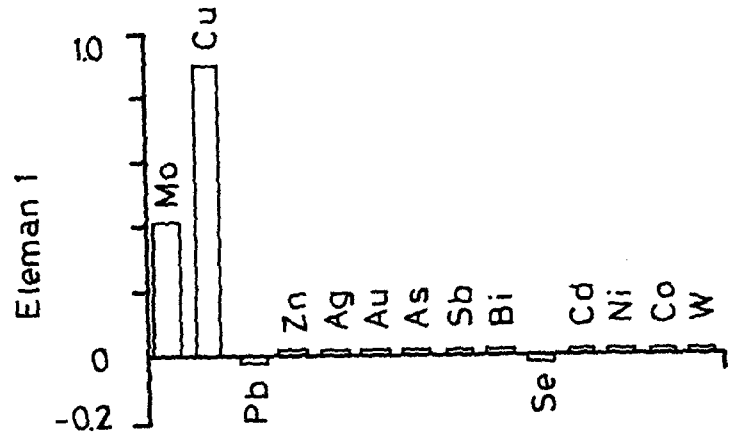
TABLO: 8.9. Tablo 8.8.'de Yer Alan Değişkenler İçin Oluşturulan Varyans-Kovaryans Matrisi.

Değişken	Değişken													
	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	As	Sb	Bi	Se	Cd	Ni	Co	W
Mo	1422010.00													
Cu	755411.00	2679820.00												
Pb	-891.30	-98.54	18.65											
Zn	-24296.40	43710.50	-11.75	6620.05										
Ag	148.10	615.38	-0.05	4.67	0.1500									
Au	-608.20	483.05	0.95	40.10	0.0100	2.700								
As	-79.79	56.08	-1.53	3.90	0.0100	0.190	0.460							
Sb	119.76	173.19	-0.59	1.88	0.0300	0.010	0.090	0.040						
Bi	-26.17	252.10	-0.46	40.29	0.0300	-0.080	-0.003	0.020	0.30					
Se	-489.19	-625.12	-0.88	41.89	-0.1600	-0.040	0.020	0.009	0.33	1.20				
Cd	-196.48	714.00	-0.16	64.87	0.1100	0.430	0.020	0.020	0.38	0.26	0.69			
Ni	22.50	1281.89	-3.40	-11.79	0.3400	-0.400	-0.470	-0.020	-0.02	-0.63	0.31	5.81		
Co	-4254.60	15445.20	10.32	729.67	3.0000	16.600	-1.380	-0.160	2.43	1.33	9.40	14.64	264.56	
W	-4631.40	18115.20	38.57	792.52	3.1400	24.500	-1.580	-1.220	0.89	-5.53	10.65	7.15	316.13	499
Öz Değer	78.83	26.03	0.11	0.008	0.0009	0.0002	0.0000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0

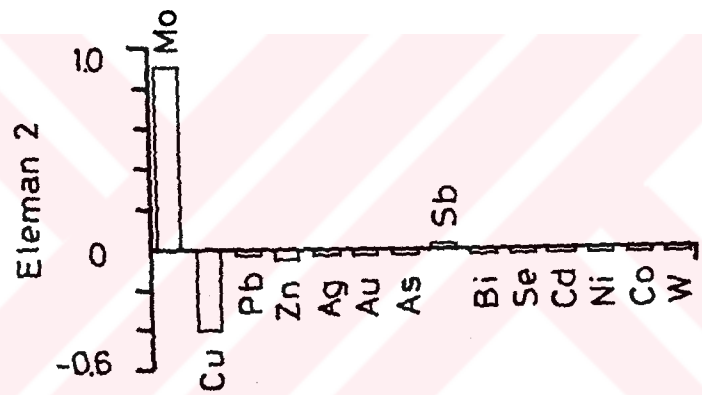
edildiğinde diğer değişkenler üzerinde istatiksel olarak bağlayıcı değişiklikler yaratmaz.

8.8.1. Eleman 1

Şekil 8.11.a'da eleman 1 için ana eleman yüklemeleri gösterilmiştir. Eleman 1, jeokimyasal değişkenlerin % 73.83 toplam varyasını içerir. Dikkat edilecek olursa kurşun ve Selenyum'un dışında tüm yükleme değerleri pozitiftir. molibden ve bakır'ın dışındaki tüm pozitif yüklemeler ise sıfıra yakın değerler içinde seyretmektedir. Bunun anlamı şu şekilde yorumlanabilir. Eleman 1 yersel bir litoloji içinde yer alan tipik bir porfiri bakır yatağını yansıtmaktadır. En büyük yükleme değeri 0.90 ile bakırdır. İkinci derecede önemli yükleme 0.42 ile molibdendir. Buna göre denebilir ki, Güzelyayla mineralizasyon sahasında birinci derecede önemli olan element bakır, ikinci derecede önemli olan element ise molibdendir. Kurşun ve selenyum'un dışındaki sıfıra yakın pozitif yüklemeler, birbirlerine çok yakın değerler sergilediklerinden ilişkilendirilmesi bu aşamada zordur. Ancak özellikle altın ve gümüş'ün pozitif seyir göstermeleri, bu tür yataklarda yan ürün olarak değerlendirilebilen söz konusu bu iki elementin dikkate alınmasını işaret eder. Üte taraftan bir kaç parlatma örneğinde tespit edilen pentlandit mineralinden ötürü nikel ve kobalt'ın pozitif yükleme değeri kazandığı düşünülebilir. Gümüş ve altın ile selenyum ve tellür'ün farklı seyirler içinde olması en azından gümüş ve altın'ın tellürid ve selenidlere bağlı olmadığını vurgular.



(a)



(b)

ŞEKİL: 8.11. Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasında Jeokimyasal Değişkenlerin İlk İki Elemanına Ait Yükleme Değerlerinin Grafiksel Sunumu.

8.8.2. Eleman 2

Tüm jeokimyasal verilerin % 26.02 toplam varyansını içeren eleman 2 Şekil 8.11.b'de gösterilmiştir. İzeleneceği üzere molibden ve antimuan'ın dışında tüm yükleme değerleri negatifdir. En büyük pozitif yükleme değeri 0.91 ile molibdendir. Öte taraftan en büyük negatif yükleme değeri -0.42 ile bakırdır. Güzelyayla porfiri bakır yatağında molibden'e iki farklı mineralizasyonda rastlanmaktadır. Birinci durumda molibden bakır ile birlikte kayacın içinde dissemine şekilde yer alır. Parajenez açısından bakır daha yaşlıdır (Şekil 6.13). İkinci durumda geç evreye ait gelişen kuvars damarcıkları bakır minerallerine oranla egemen bir şekilde molibdenit içermektedir. Eleman 2'de bakır'ın negatif yükleme değerinin almasının nedeni buradan kaynaklandığı düşünülmektedir. Öte taraftan, bir kaç parlatma örneğinde gözlenen tetraedrit minerallerinden ötürü eleman 2'de sıfıra yakın pozitif antimuan yüklemesinin ortaya çıkması olasıdır.

8.9. Lineer Diskriminant Analizi

Lineer diskriminant analizi, yerbilimlerinde çoklu veri analizi değerlendirme yöntemleri arasında hemen hemen en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Yöntem, işleme tabi tutulan değişkenlerin ölçüm değerlerini dikkate alır ve birbirlerinden farklılığı olan popülasyon gruplarını etkin bir istatiksel yöntem ile sınıflandırır. Gruplar içindeki her bir değişkenin saçınımı yada varyansı, diskriminant fonksiyonu için önem arz eder. Bir sahada yapılan değerlendirmeler ile diskriminant fonksiyonu doğru bir şekilde tanımlandığı zaman, hangi gruba ait olduğu bilinmeyen çeşitli örnek değerlerinin konumu saptanabilir. Bu tür işlemler için geliştirilmiş

Çok sayıda diskriminant analizi tekniği mevcut olup çeşitli çalışmalara konu olmuştur (CACOULLOS ve STYAN, 1973; DUDA ve HART, 1973; MEISEL, 1972, BÜRKÜT,1985; YAVUZ,1992). Ancak bunlar arasında lineer distriminant analizi yaygın bir kullanım alanı bulur. En basit şekli ile bir lineer diskriminant fonksiyonu, örneklere ait orijinal ölçüm değerlerini distriminant skorlarına dönüştürür. Söz konusu skorlar bir hat boyunca lineer diskriminant fonksiyonu tarafından tanımlanmış örneklerin konumunu ortaya çıkarır (DAVIS, 1986).

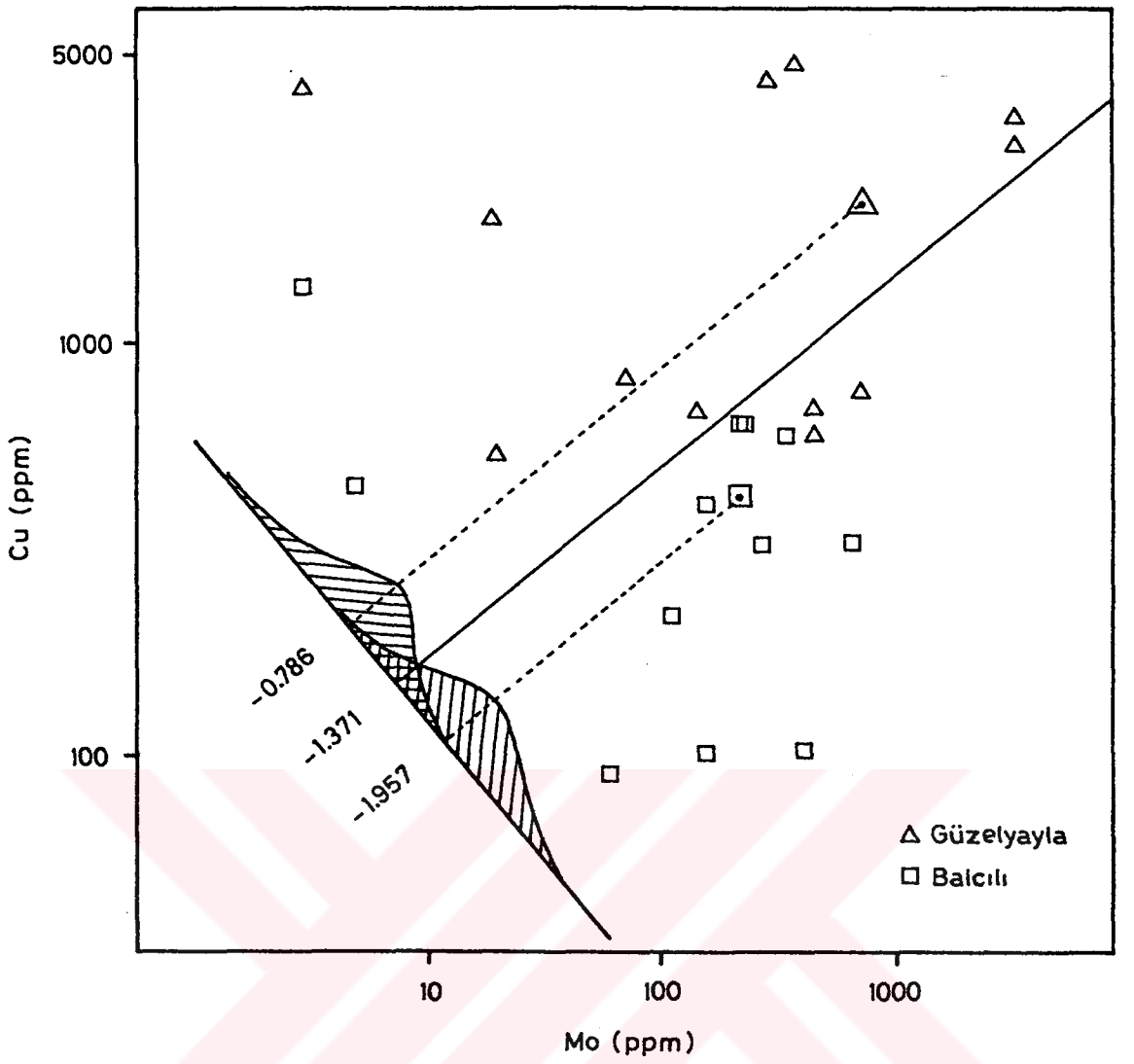
Lineer diskriminant analizi, n tane değişkeni olan iki grubu, çoklu uzayda iki kümeden oluşan noktalar olarak dikkate alır. Araştırılması yapılan değişkenler, bir cevherleşme sahasından alınan numunelerin konumları ile ilişkili ise, bu durumda söz konusu yöntem bu sahadaki olası farklı popülasyonları birbirinden ayırtlar. Bu iki papülasyonun birbirinden en fazla ayrılım sunduğu bir yönün saptanmış olması yöntemin başlıca amaçları arasında yer alır.

8.10. Balcılı ve Güzelyayla Porfiri Bakır Sahasının Cu-Mo Lineer Diskriminant Analizi

Balcılı ve Güzelyayla porfiri bakır sahasından derlenen 12 adet kayaç örneğinin lineer diskriminant analizi sonuçları Tablo 8.10'da , ikili Mo-Cu diağramı ise Şekil 8.12'de gösterilmiştir. Molibden ve bakır arasındaki diskriminant fonksiyonu $z=-0.0017X_1-0.00054X_2$ şeklindedir. Bu fonksiyon, merkezi diskriminant indeksi $R_o=-1.371$ olan noktada her iki mineralizasyon sahasındaki Mo-Cu popülasyonunu ayırmaktadır. Kuzeydoğu-Güneybatı yönlü doğru diskriminant fonksiyonuna, üzerindeki kesikli doğru Güzelyayla, altındaki kesikli doğru ise Balcılı porfiri bakır mineralizasyonunun merkezi

TABLO: 8.10. Balcılı ve Güzelyayla Porfiri Bakır Minerelizasyonunun Lineer Diskriminant Analizi Değerlendirme Sonuçları.

213.92 738.16	Balcılı Mo-Cu vektör ortalaması
437.00 2146.91	Güzelyayla Mo-Cu vektör ortalaması
-223.08 -1408.75	Ortalama farklar vektörü
369360.90 -117993.80 -117993.80 1.4809E+7	Balcılı Mo-Cu matrisi doğrultulmuş kareler toplamı
1386756.00 3369928.00 3369928.00 3.1040E+7	Guzelyayla Mo-Cu matrisi doğrultulmuş kareler toplamı
79823.49 147815.20 147815.20 2084116.00	Balcılı-Güzelyayla ortak Mo-Cu varyans-kovaryans matrisi
$Ø_1$= -0.00177 $Ø_2$= -0.00054	Diskriminant fonksiyonu katsayıları
Ro=-1.37145	Merkezi diskriminant indeksi
Ra=-0.78594	Merkezin solundaki indeks
Rb=-1.95696	Merkezin sağındaki indeks
D^2 =1.17102	İndeksler arası mesafe
T^2 =7.02613	Hotelling' in T^2 testi
F =3.35338	F-testi değeri
v1=2	Serbestlik derecesi (1)
v2=21	Serbestlik derecesi (2)



ŞEKİL: 8.12. Balcılı ve Güzelyayla Porfiri Bakır Mineralizasyonunda Molibden ve Bakır'ın Diskriminasyonu.

indekslerine karşılık gelmektedir. Diskriminant fonksiyonu, Güzelyayla sahasından derlenen örneklerin % 75'ni, Balcılı sahasından alınan örneklerin ise % 83'nü merkezi indekse göre ayırabilmektedir. Elde edilen değerlerin ışığında, diskriminant fonksiyonun her iki sahanın Mo-Cu popülasyonunun etkin bir şekilde belirlediği ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, söz konusu popülasyonların birbirlerinden ortalama olarak % 79 oranında ayrılabileceğini ifade edebiliriz.

Grupların bu şekilde tasnifini, onların grup ortalamalarını dikkate alan F-testi değrelendirmelerine göre saptamak istatiksel olarak önem arz eder. Buna göre V_1=2 ve V_2=21 serbestlik derecelerine göre belirlenen F_h=3.35'dir. Öte taraftan % 90 güvenirlik düzeyinde $F_ç$-çizelgesinden okunan değer; $F_{0.1,2,21}$= 2.52'dir. $F_h > F_ç$ olduğundan her iki grup aynı çoklu ortalamaya sahip değildir ve söz konusu grupların ortalama değerlerinin iki farklı popülasyonu işaret ettiği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Ancak güvenlik düzeyinin hassasiyetini arttırdığımızda hesaplama ve çizelge değerleri arasındaki fark birbirine yaklaşır ve sanki çoklu grup ortalamalarının eşit olduğu durumu ortaya çıkar. Durum gerçekte böyle değildir. Zira popülasyon gruplarının indeks değerleri arasındaki uzaklık D^2=1.17 ve grupların ortalama ayrılım yüzdesi 79' dur. Bu tür değerlendirmelerde veri sayısının az olması ister istemez V_2 serbestlik derecesini de azaltacağından, çizelgeden daha yüksek $F_ç$ değerinin okunmasına yol açarak yorumlamalarda yanlış bir değerlendirmenin ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Netice itibarı ile hesaplamalar sonucu ortaya çıkan durumu şu şekilde özetlemek mümkündür. K 40^o D doğrultusundaki diskriminasyon doğrusu Balcılı ve Güzelyayla porfiri bakır sahasındaki mevcut iki popülasyonu etkin bir şekilde ayırabilmektedir. Balcılı mineralizasyon sahasında molibden ve bakır değerleri Güzelyayla sahasına oranla daha düşük konsantrasyon sınırları arasında yer almakta ve zayıf bir popülasyon teşkil etmektedir. Öte taraftan Güzelyayla porfiri bakır sahasından alınan örneklerin molibden ve bakır içerikleri daha yüksek konsantrasyon değerlerine ulaşmakta ve daha zengin bir popülasyon ile Balcılı sahasından kolayca ayrılabilmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1)- Balcılı porfiri bakır mineralizasyonu tonalit ve granodiorit bileşimli plütonik kayaçlar içinde yer alır. Porfiritik ve felsitik dokulu andezit-kuvars andezit ve dasitler ile andezit-diabaz daykları ve kuvars damar ve damarcıkları tarafından kesilmişlerdir. İnceleme alanında kesin bir jeokronolojik yaş verisi yoktur. Ancak çeşitli araştırıcılar tarafından yapılan arazi gözlemleri ve çevre kayaçlarına ait yaş verileri karşılaştırmalarına göre sokulumun yaşı Üst Kretase olarak ifade edilebilir.

2)- Güzelyayla porfiri bakır mineralizasyonu volkanik-subvolkanik karakterli andezit ve dasit bileşimli kayaçlar içinde yer alır. Porfiritik dokulu kayaçların tane boyutları kimyasal spektruma da bağlı olarak Kuzeyden Güneye doğru artış gösterir ve yer yer granodiorit-adamellit bileşimli derinlik kayaçlarına geçiş gösterir. Volkanoplütonik kayaçların yerleşme yaşları için kesin yaş verisi olmamakla birlikte Üst Kretase zaman aralığı konusunda araştırmacılar arasında hem fikirlilik vardır.

3)- Asli element jeokimyasal verileri, Balcılı granitoidlerinin kalk-alkali kökenli mağmalardan türediğini ortaya koyar. Göreceli olarak sodik karakterli olan mağmatik kayaçlar Peacock'un sınıflama diağramında 63 indeks değeri ile kalsik karakter sergiler. Metaalüminyum ve daha ziyade peralüminyum karakterli

granitoidler I ve S-tipi granitoid sınıflamasında geçiş tipleri olarak ortaya çıkarlar. Geniş bir alana yayılım gösteren potasik kuşak içindeki ikincil biotitlerin kayacın bünyesine kazandırdığı potasyum getirimi, kanımızca I-tipi bir granitoidi S-tipi granitoid karakterine doğru sürüklerken I-S tipleri arasında geçiş tipi granitoidlerin gelişmesine olanak tanımıştır. Manyetit serisi granitoidler olarak nitelendirilen Balcılı mağmatik kayaçları, ilmenit serisine oranla daha okside bir ortamın ürünleri olarak ta anılırlar.

4)- Güzelyayla volkanik-subvolkanik kayaçlarına ait asli element jeokimyasal analiz verileri, bu sahada yer alan volkanoplütoniklerin bazalt, bazaltik andezit, traki andezit ve dasit bileşimli olduğunu gösterir ve kalk-alkali bir mağmadan türediğini ifade eder. Dasitlerin kimyasal kompozisyonu, düşük potasyumlu üyelerden yüksek potasyumlu üyelere kadar değişim sunar ve çoğunlukla da normal dasit alanında konsantrasyon gösterir. Sodik karakterli kayaçlar, Peacock'un sınıflama diağramına göre 58 indeks değeri ile kalk-alkali karakter gösterir.İnceleme alanındaki volkanoplütonik kayaçların I-S tipi granitoid seperasyonu, geliştirilen bir bilgisayar proğramı ile değerlendirildiğinde, I-tipinin egemen granitoid karakteri olduğu anlaşılmıştır. Çalışma sahasında S-tipi karaktere yönelimi sağlayacak potasyum getiriminin yaşandığı potasik zonun kısıtlı oranda yayılımı, şüphesiz ki böyle bir sonucun ortaya çıkmasında önemli rol oynamıştır. Balcılı porfiri bakır sahasında olduğu gibi Güzelyayla porfiri bakır sahasında da kayaçlar manyetit serisi granitoid karakteri ile daha okside olan bir mağma ortamının ürünleri olduğunu yansıtırlar.

5)- Balcılı granitoidlerine ait Niggli parametreleri, plütonu teşkil eden mağmanın bileşim açısından pasifik tip mağmaya ait olduğunu işaret eder. Bu durum, asli element jeokimyasal verilerin ortaya koyduğu kalk-alkali mağma kökeni ile uyum içindedir. Parametre değerlendirmelerine göre, inceleme alanı mağmatik kayaçları semisalik, isofalik ve semifemik bölgelerde dağılım göstererek porfiri bakır yataklarında izlenen çok fazlı intrüzif getirimlerin bu sahada mevcut olduğunu destekler. Alkalice fakir, alkalice vasat ve alkalice zengin parametre sektörlerinde yayılım gösteren Balcılı granitoidleri daha ziyade alkalice vasat bölgede kümelenme yaparak, kayaçları teşkil eden mağmanın alkali karakterini yansıtır. Bu çalışmada bir bilgisayar algoritması olarak geliştirilen ve alkali-ferromagnezyen Niggli parametrelerinin kombine değerlendirilmesine dayanan yöntem ile, inceleme alanı plütonik kayaçlarına vücut veren mağmanın kalk-alkali granitik bir mağma olduğu saptanmıştır.

6)- Güzelyayla volkanik-subvolkanik kayaçlarının Niggli parametreleri, volkanoplütonik kütleyi teşkil eden ana mağmanın bileşim açısından Pasifik tip mağma karakterine sahip olduğunu ifade eder. Bu veri kayaçların asli element kimyasal analizlerine ait kalk-alkali kayaç karakteri ile de uyum içindedir. Niggli parametre değerlendirmeleri, daha lineer bir trend ile inceleme alanındaki kayaçların salik, isofalik ve semifemik mağmalardan geliştiğini ortaya koyar. Bu bulgu,tıpkı Balcılı porfiri bakır sahasında olduğu gibi çalışma alanında da mağmatik getirimin çok fazlılığının bir göstergesidir. Parametre değerlerinin ifade ettiği bir diğer sonuç, verilerin alkalice fakir, alkalice vasat ve alkalice zengin sektörlerde yayılım göstererek alkalice vasat bölgede kümelenmesi ve böylece de

kayaçların alkalice vasat bir mağmadan türemiş olduklarını yansıtmasıdır. Niggli'nin alkali ve ferromağnezyum parametrelerinin kombine değerlendirilmesi ile görülmüştür ki, bu sahada kayaçlara vücut veren ana mağma aynı zamanda kalk-alkali granitik bir mağmadır.

7)- Balcılı mağmatik kayaçlarının kristalizasyon, diferansiyasyon ve katılaşma indeks değerleri anlam teşkil edecek kombinasyonlar içinde ilişkilendirildiğinde, inceleme alanındaki granitoidlerin kesintisiz bir kristalizasyon sürekliliği arz ettiklerini ortaya koyar. Kuzeyden Güneye doğru kayaçların artan kimyasal asidite oranları yanında, aynı zamanda diferansiyasyon indeksleri olarakta zonal bir yapı arz ettikleri belirlenmiştir. Lineer polinoma uyarlama analizi ile Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda ve Güneydoğuya yönelimli diferansiyasyon indekslerinde ortaya çıkan artış beşinci dereceden polinoma uyarlama analizinde kayaçların saha içinde kimyasal spektrumlarına bağlı olarak her biri kendi içinde konsantrik kapanımlar teşkil eden zonal bir dağılımın ortaya çıkması ile anlam kazanmıştır.

8)- Güzelyayla porfiri bakır inceleme alanında volkanik-subvolkanik kayaçlar için teşkil edilen diferansiyasyon, kristalizasyon ve katılaşma indeksi kombinasyonları, bu sahada katılaşmanın iki farklı trendi izlediğini ortaya koymuştur. Gerçekten de SiO_2'ye karşılık oluşturulan katılaşma indeksi diağramı, iki ayrı alanda farklı seyirlerde kümelenme yaparak kristalizayonun da fasılalı olarak devam ettiğini göstermiştir.

9)- Rb-Ba ve Sr-Rb iz element değişimleri, Balcılı granitoidlerinin normal bir diferansiyasyon modeli ile uyum içinde olduğunu ve fraksinasyonunda biotit-plajyoklaz seyrini takip ettiğini ortaya koymuştur. Kondrit'e göre normalize edilmiş Örümcek ağı diağramı, iz

elementlerin spektrumu açısından bir ada yayı veya kıta kenarında gelişen granitoidlerin iz element spektrumu ile uyum içindedir. Granitler, Sr hariç diğer büyük iyonik çapa haiz litofil elementleri açısından tonalit ve granodioritlere göre zenginleşmişlerdir. Balcılı granitoidlerinde hafif nadir toprak elementlerinden Ce, bir ada yayı veya kıta kenarı granitoid spekturumuna göre zenginleşmiş buna karşın La bir miktar tüketilerek bu spektrumdan uzaklaşmıştır. Zr hariç Ta, Nb, Ti ve Y gibi yüksek alan gücündeki iz elementler inceleme alanı kayaçlarında zenginleşme göstererek bir plaka içi manto kaynağından etkilenmiş olabileceklerini ön plana çıkarmışlardır. Tektonik diskriminasyon diagramlarında volkanik yay granitoidleri alanında yayılım gösteren Balcılı magmatik kayaçları, yayın doygunluğu açısından ağırlıklı normal yay karakterinden doygun yay ortamına kadar değişim sunmuşlardır.

10)- Güzelyayla porfiri bakır sahasında Rb-Ba ve Sr-Rb iz element değişimleri, Balcılı sahasında olduğu gibi bu sahada da kayaçların diferansiyasyon modeli ile uyumlu olduğunu ve biotit-plajioklaz fraksinasyonunu izlediğini göstermiştir. Kondrite göre normalize edilmiş iz element spektrumu ile ada yayı ve kıta kenarı granitoidlerinin iz element spektrumları arasında uyum vardır. İnceleme alanında yer alan cevhersiz dasitler, büyük iyon litofil elementler açısından cevherli dasit ve andazitlere göre zenginleşmişlerdir. Hafif nadir toprak elementlerinden Ce, genel bir ada yayı ve kıta kenarı granitoid spektrumuna göre zenginleşirken La tüketilmiştir. Zr dışında diğer yüksek alan gücündeki iz elementler (Ta,Nb,Ti ve Y) göreceli bir zenginleşme trendi sergilemişlerdir. Tektonik diskriminasyon diağramında volkanik yay granitoidleri alanında yayılım gösteren iz element birlikleri, Güzelyayla volkanoplütonik kayaçlarının primitif ve normal bir yay ortamlarını karakterize

ettiği belirlenmiştir.

11)- Mikroprob analizleri ve 23 oksijen bazına göre katyonik hesaplama sonuçları Balcılı magmatik kayaçlarında yer alan kalsik amfibollerin magnezyo-hornblend karakterli olduğunu göstermiştir. Hornblendlerin toplam katyonik aluminyum içeriklerinden hareketle granitoidlerin kristalizasyon basınçları 3.02 ± 0.5 kbar olarak belirlenmiştir. Bu basınç koşulları altında Balcılı magmatik kayaçları $791 \pm 75^{o}C$ sıcaklıklarda dengelenmişlerdir.

12)- Güzelyayla volkanik-subvolkanik kayaçlarında yer alan kalsik amfiboller mikroprob analiz değerlendirme sonuçlarına göre magnezyo-hornblend karakterlidirler. Hornblendlerin toplam aluminyum içeriklerine göre teşkil edilen kalibrasyon eşitliklerine göre inceleme alanı kayaçları, 2.72 ± 0.5 kbarlık bir kristalizasyon basıncında ve $682 \pm 75^{o}C$ sıcaklıklarda dengelenmişlerdir. Balcılı sahasına oranla söz konusu basınç ve sıcaklık değerlerin de gözlenen azalmanın nedeni, pnömo-hidrotermal akışkanların bu sahada volkanik ve subvolkanik kayaçların yerleşme derinliğini, basıncını ve kristalizasyonlarını denetlemesi gösterilebilir.

13)- Balcılı granitoidleri FEISS'in(1978) molar A/CNK oranına karşı oluşturulan SiO_2 diağramında, ağırlıklı olarak cevherli plüton alanında dağılım gösterir. Bu diagramda bir plütonun cevherli olup olmadığını denetleyen en önemli bileşen Al_2O_3 tür. Alterasyona uğramış fakat cevherleşme içermeyen plütonik kayaçlar da söz konusu diağrama göre cevherli plüton olarak nitelendirilebilmektedir. Bu olumsuz ve istenmeyen duruma neden olan etmenleri bir ölçüde azaltmak için, bu çalışmada yeni bir ayırım doğrusu geliştirilmiştir. Önerilen doğru ile

Balcılı granitoidlerinin cevherli plüton karakteri,orjinal ayırım doğrusuna göre fazla bir değişim göstermemektedir.

14)- Cevherli-cevhersiz plüton diagramı için önerilen seperasyon doğrusu, özellikle Güzelyayla porfiri bakır yatağında yer alan ve cevhersiz dasitler olarak anılan kayaçları etkin bir şekilde ayırabilmektedir. Zira inceleme alanında bulunan cevhersiz dasitler FEISS'in (1978) orjinal Seperasyon doğrusuna göre herhangi bir cevherleşme içermeden, ancak yüzeysel alterasyona maruz kalarak Aluminyum zengileşmesi ve bir miktar alkali-toprak alkali göçünden ötürü cevherli dasitler ile birlikte cevherli plüton kesiminde yayılım göstermiştir.

15)- Bu çalışma kapsamında geliştirilen diğer bir ayırım eğrisi ile Balcılı cevherleşme sahasının Cu-Mo-Au üçgen diagramında molibdence zengin sektörde konsantrasyon gösterdiği belirlenmiştir. Diğer bir ifade ile,inceleme alanı porfiri bakır karakterinden ziyade porfiri molibden karakteri ile ön plana çıkmaktadır.

16)- Güzelyayla porfiri bakır mineralizasyonu, önerdiğimiz ayırım eğrisinin daha çok porfiri bakır sektöründe külemenme yaparak cevher karakteri açısından da Balcılı porfiri bakır yatağından farklı bir spektrum sergilemektedir.

17)- Balcılı porfiri bakır sahasında,bakır cevherleşmesi disseminasyon ve damarcıklar şeklinde olmak üzere başlıca iki farklı şekilde gözlenir. Granitoidleri kat eden kuvars damar ve damarcıklarında bakır cevherleşmesi yok denecek kadar az orandadır. Buna karşın molibden cevherleşmesi yine başlıca iki formda izlenerek gronitoidlerde disseminasyon ve damarcıklar,

şeklinde bulunmaktadır. Cevher minerallerinin türü açısından zengin bir çeşni sunmayan sahada bulunan başlıca cevher mineralleri pirit, kalkopirit, malakit, azurit, molibdenit, manyetit, hematit, ilmenit ve pirotin'dir. Parajenez açısından kalkopirit, ilmenit ve manyetit'ten gençtir. Kalkopirit'in molibdenit ile birlikteliğine yapılan parlatma kesitlerinin hemen hiç birinde rastlanamamıştır.

18)- Volkanik-Subvolkanik kayaçlara bağlı olarak bulunan Güzelyayla mineraliasyon alanında bakır cevherleşmesi başlıca iki formda izlenir. Birinci durumda cevherli dasitlerin çatlakları boyunca kalkopirit, sıvamalar şeklinde gelişmiştir. İkinci durumda yoğun bir silisleşmeye uğramış cevherli dasitlerde ya dissemine yada ufak damarcıklar şeklinde pirit ve molibdenit'e eşlik etmiştir. Silisleşmeye bağlı olarak gelişen mikrodamarcıklar şeklinde kalkopirit cevherleşmesi bu sahanın ayırtman bir karakteristiğidir. İnceleme alanı, Balcılı porfiri bakır sahasına oranla cevher minerallerinin çeşitliliği açısından da farklılık gösterir. Başlıca cevher mineralleri pirit, kalkopirit, bornit, kalkozin, kovelin, neodigenit, kübanit, tetraedrit, kuprit, tenorit, nabit bakır, azurit, malakit, molibdenit, pirotin, pentlandit ve sfalerit'tir. Parajenez açısından kalkopirit, manyetit ve pirit'ten genç molibdenit'ten yaşlıdır.

19)- 140 civarında ince kesit determinasyonuna dayanarak Balcılı cevherleşme sahasında içten dışa doğru potasik, fillik ve propilitik olmak üzere başlıca üç alterasyon kuşağı tanımlanmıştır. Potasik kuşak buklet şeklinde ince ve orta taneli ikincil biotit ve silisleşmenin gelişimi ile karekteristiktir. Granodiorit ve tonalit bileşimli kayaçlarda geniş bir alanda yayılım

gösterir. Bakır ve molibden cevherleşmesinin önemli bir kesimini kapsamında bulundurur. Serizit ve pirit konsantrasyonlarındaki artış ile fillik kuşağa geçiş görülür. Eşlik eden kloritleşmeye ilaveten epidot'un ortaya çıkması ile propilitik kuşağa geçilir. Potasik kuşakta yer alan birincil ve ikincil biotitlerin mikroprob analizleri ve 22 oksijen bazına göre katyonik hesaplamalar sonucunda biotitlerin ağırlıklı olarak flogopit karakter gösterdiği belirlenmiştir.

20)- 175 ince kesit tayinine dayanarak Güzelyayla cevherleşme sahasında oldukça iyi gelişmiş konsantrik yapılı içten dışa doğru, potasik, fillik ve propilitik olmak üzere üç zonun varlığı saptanmıştır. Çoğunlukla amfibollerin dönüşüm ürünleri şeklinde, yer yer orjinal kristal formunu da koruyarak gelişen ikincil biotitler, potasik kuşağın en karakteristik özelliğidir. Bu zon içinde daha çok volkanik-subvolkanik cevherli dasitler yer alır ve bakır-molibden cevherleşmesinin önemli bir kesimini kapsamında bulundurur. Potasik kuşakta gelişen diğer bir olay yaygın bir silisleşmenin eşlik etmiş olmasıdır. Bu kuşak Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda yaklaşık olarak elips görünümlü geometrik bir şekil ile fillik kuşağa geçer. Cevherli volkanik-subvolkanik dasitlerin ve andezitlerin izlendiği alanlarda yayılım gösteren fillik kuşağı serizitleşme, piritleşme ve biotitlerde gelişen kloritleşmelerle karakteristiktir. Epidot'un gelişmesi ile propilitik kuşağa geçilir. Bu kuşak daha ziyade bazalt, bazaltik andezit ve cevhersiz dasitlerin yayılım gösterdiği alanlarda izlenir. Potasik kuşakta yer alan birincil ve ikincil biotitlerin mikroprob analizleri ve 22 oksijen bazına göre katyon değerlendirmeleri, bu kuşaktaki biotitlerin annit karakterine yönelim gösterdiklerini ve dolayısıylada demirce zengin olduklarını ortaya koymuştur.

21)- Cevherli örneklerin iz element analizlerine göre Balcılı bölgesinde bakır, kuvvetli bir longnormalite karakterine sahiptir. Molibden iki ayrı popülasyon dağılımı ile,granitoidlerde dissemine ve kuvars damarlarında damarcıklar şeklindeki molibdenit cevherleşmesini yansıtır. Kuvvetli bir lognormalite sergiler. Çinko,nispeten daha zayıf bir lognormalite gösterir. Kurşun inceleme alanında bakır, molibden ve çikno'nun dışında en az konsantrasyon gösteren element konumunda olup, çinko'ya oranla daha kuvvetli bir lognarmalite sergiler. Klasik anomali hesaplama yöntemine göre bakır, molibden, çinko ve kurşun'un inceleme alanındaki olası anomali değerleri sırası ile 754,555,89 ve 14 ppm dir. Bakır ile molibden arasındaki korelasyon bu sahada-0.14 ile negatif bir seyir gösterir. Bu ilişki, daha önce belirtilen bakır ve molibdenin birliktesizliğinin diğer bir ifadesi olarak ortaya çıkar.

22)- Güzelyayla profiri bakır sahasından derlenen cevherli örneklerin iz element dağılımları, Balcılı sahasında olduğu gibi genelde kuvvetli lognormalite karakteri arz eder. Farklı olarak bu sahada molibden'in düzensiz bir değişim göstermesi ve çinko'nun daha kuvvetli bir logmormal dağılım sergilemesidir. Klasik anomali değerlendirme yöntemlerine göre bakır, molibden,çinko ve kurşun'un olası anomali değerleri sırası ile 3120, 636,320 ve 14 ppm dir. Bakır ile molibden arasındaki ilişki 0.28 korelasyon katsayısı ile pozitif seyir içinde olup parlatma örneklerinde izlenen birlikteliğininde bir kanıtıdır.

23)- Jeokimyasal çoklu veri analiz değerlendirme yöntemlerinden polinoma uyarlama analizi, Balcılı porfiri bakır sahasında beşinci dereceye kader yürütülmüştür. Hesaplama işlemlerinde, tarafımızdan Turbopascal

proğramlama dilinde yazılan bilgisayar proğramları kullanılmıştır. Lineer polinoma uyarlama analizi Balcılı mineralizasyon sahasında bakırın Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda ve Güneydoğu'ya artış yönünde konsantrasyon gösterdiğini ifade eder. Bu doğrultunun saha çalışmaları sırasında haritalanan, hemen hemen aynı doğrultudaki faylarla yakından ilişkili olması, mineralizasyonun yapısal etmenler kontrollü olduğunu ve istatistiksel değerlendirmelerin de bunu desteklediği düşüncesini ortaya çıkarmıştır. İkinci dereceden polinoma uyarlama analizi, uzun ekseni Kuzeydoğu-Güneybatı, kısa ekseni Kuzeybatı-Güneydoğu uzanımlı pozitif bir elipsoidal geometrik şeklin mineralizasyonunun dağılımında önemli bir rol oynadığını işaret eder. Artan polinom derecesi, konsantrasyonun ana hatlarını değiştirmemiş ancak yersel olarak birkaç yerde negatif elipsoidal yapıların hiperbollerini ortaya koymuştur. Beşinci dereceden polinoma uyarlama analizi, maksimum korelasyon katsayısı ile mineralizasyonun beşinci dereceden bir yüzey ile karakterize edilebileceğini göstermektedir. Ancak artan dereceye bağlı olarak polinom değerlerinin orjinal değerlere daha iyi korelasyonlarla uyumlu olacağı kaçınılmazdır. Beşinci dereceden residüel polinoma uyarlama analizi ile inceleme alanında kabaca dört ayrı lokasyonda anomali sahasının mevcut olduğunu ileri sürebiliriz.

24)- Güzelyayla porfiri bakır sahasında beşinci dereceye kadar yürütülen polinoma uyarlama analizinde, birinci dereceden bir değerlendirmenin Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda ve Güneydoğu'ya artan oranda bakır konsantrasyonunun varlığını işaret ettiği saptanmıştır. Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu faylarla yapısal kontrollü olduğu belirlenen inceleme alanında ikinci dereceden polinoma uyarlama analizi, yaklaşık olarak Kuzey-Güney

doğrultulu pozitif elipsoidal geometrik şeklin mineralizasyonun doğasında etkili olduğu belirlenmiştir. Beşinci dereceye kadar arttırılan polinom derecesi, bakırın konsantrasyon dağılımında önemli bir değişiklik yaratmamıştır. Beşinci dereceden polinoma uyarlama analizi, üç ayrı lokasyonda pozitif elipsoidal konsantrasyonun varlığını ortaya çıkarmıştır. Beşinci dereceden residüel polinoma uyarlama analizi ile dört ayrı koordinatta anomali sahasının varlığı saptanmıştır. Güzelyayla porfiri bakır sahasında bakırın polinomial dağılımı oldukça düzensizdir. Değerlendirmeler bu sahada bakır mineralizasyonunun daha yüksek bir polinomial yüzey ile karakterize edilebileceğini göstermiştir.

25)- Diğer bir jeokimyasal çoklu veri analizi değerlendirme yöntemi olan ana elemanlar analizi ile Balcılı mineralizasyon sahasında başlıca iki elemanın cevherleşmede etkin rol oynadığı belirlenmiştir. Eleman 1, jeokimyasal değişkenlerin % 79 toplam varyansını kapsamında bulundurarak bakırın 0.99 yükleme değeri ile önemli bir eleman olduğunu ön plana çıkarmıştır. Eleman 1'de ikinci derecede önemli pozitif yükleme 0.02 yükleme değeri ile çinkodur. Bu iki elementin birlikte pozitif seyri aynı zamanda onların r=0.80 korelasyon katsayısı ile olan ilişkisinin de bir göstergesidir. Molibden'in Eleman 1'de -0.09 yükleme değeri ile negatif seyir göstermesi, bu sahada molibden-bakır birliktesizliğinin diğer bir önemli kanıtıdır. Eleman 2, jeokimyasal verilerin % 20.84 toplam varyansını kapsamında bulundurarak birinci derecede önemli elementin 0.99 yükleme değeri ile molibden olduğunu göstermiştir. Eleman 2'de ikinci derecede önemli element 0.1 yükleme değeri ile bakır dır. Eleman 2'de molibden'in söz konusu önemli pozisyonu granitoidler içinde disseminasyonlar şeklinde izlenen molibdenit'in önemli bir konsantrasyona ulaşmasıdır.

Bu ilişki aynı zamanda Cu-Mo-Au üçgen diagramında tarafımızdan geliştirilen ayırım eğrisinde porfiri molibden sektöründe yığışım göstererek anlam kazanmıştır.

26)- Ana elemanlar analizinin Güzelyayla porfiri bakır sahasına uygulanması ile mineralizasyonda başlıca iki elemanın etkin rol oynadığı ortaya konmuştur. Eleman 1, toplam jeokimyasal değişkenlerin % 74 toplam varyansını içerir. En önemli element 0.90 yükleme değeri ile bakırdır. Bunu 0.42 yükleme değeri ile molibden izler. Eleman 1'deki bu spektrum aynı zamanda parlatmalarda izlenen bakır-molibden birlikteliğinin ve jeokimyasal olarak ta pozitif korelasyonun bir ifadesidir. Eleman 2, tüm jeokimyasal verilerin % 26 toplam varyansını kapsamında bulundurur. Elaman 2'de en önemli element, 0.91 pozitif yükleme değeri ile molibdendir. En büyük negatif yükleme değeri ise -0.42 ile bakırdır. Eleman 2'nin ifade ettiği gerçek şudur. Güzelyayla porfiri bakır sahasında molibden'e iki farklı mineralizasyonda rastlanır. Birinci durumda molibden ve bakır birlikte olarak volkanik-subvolkanik karakterli kayacın bünyesinde disseminasyonlar şeklinde izlenir. İkinci durumda, geç evreye ait gelişen kuvars damar ve damarcıkları bakır minerallerine oranla egemen bir tarzda molibdenit içerir. Kanımızca bakırın bu elemanda negatif yükleme değeri almasının nedeni buradan kaynaklanmaktadır.

27)- Balcılı ve Güzelyayla porfiri bakır sahasında mineralizasyona birinci derecede iştirak etmiş olan bakır ve molibdenin popülasyon grupları arasında olası ayırımın dağılımını ve miktarını belirleyebilmek amacı ile, değişkenlere lineer diskriminant analizi uygulanmıştır. Değerlendirmeler sonucunda, z=-0.00177 Mo-0.00054Cu lineer diskriminant fonksiyonunun Kuzey 40^{o} Doğu doğrultusunda Balcılı ve Güzelyayla sahalarına ait bakır-molibden

popülasyon gruplarını, merkezi indekse göre sırasıyla % 75 ve % 83 oranında ayırtladığı belirlenmiştir. F-testi istatistiğine göre, % 90 güvenirlilik sınırı içinde her iki sahanın farklı popülasyonları ifade etmesi bu aşamada önem kazanmış ve Güzelyayla porfiri bakır sahasının daha önemli bir popülasyon grubu ile ön palana çıkarmıştır. Değinilen bulguyu diğer sonuçlar ile korele ettiğimiz zaman, Balcılı porfiri bakır sahasının düşük tenörlü bakır mineralizasyonuna karşın belirli bir temel değerin üzerindeki molibden içeriği ile önem kazandığını ifade edebiliriz. Balcılı sahasına oranla Güzelyayla sahası gerek bakır, gerekse molibden içeriği açısından mutadın üzerindeki konsantrasyonlarla önemli bir porfiri bakır sahası olarak dikkate alınması gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

KAYNAKLAR

AGTERBERG, F.P.,(1964), Methods of Trend Surface Anlysis Col.Sch.Mines,59,111-130.

AGTERBERG, F,P.,(1974), Geomathematics , Mathematical Background and Geo-Science Applications, Elsevier Sci.Pub.Com, 596.

AGTERBERG, F.P.,CHUNG, C.F., (1975), A Computer Program for Poylynomial Trend Surface Analysis,Geol, Surv. Can.Paper, 21-75.

ARAL, H.,ERLER, A.,(1981), Porfiri Bakır Yatakları, ODTÜ Mühendislik Fakültesi, Yayın No.67,100.

AYKOL, A., YAVUZ, F., (1991), Trend Surface Analysis of Soil Samples From a Region of Copper and Zinc Mineralization,Maden Complex, SE-Turkey, Bull. Tech.Univ.,Vol.44, 525-549.

BEUS, A.A., GRIGORIAN, S.V.,(1977), Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits,Moscow.

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER PROJESİ,(1974 a), Teknik Rapor 2+1, Proje Sahalarının Bölgesel Jeoşimik ve Jelojik Açınsama Raporu, New York.

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER PROJESİ,(1974 b), Teknik Rapor 4, Jeokimyasal Anomalilerin Detay Etüdü,New York.

BLUNDY, J.D.,HOLLAND, T.J.B.,(1990), Calcic Amphibole Equilibria and a New Amphibole-Plagiaclase Geothermometer, Contrib. Miner.Petrolgy, 104,208-224.

BOX, G.E.P., COX,D.R.,(1964), An Analysis of Transformations, J.R. Statist. Soc.Ser.B.,26,211-243.

BROWN, G.C., THORPE, R.S., WEBB, P.C.,(1984), The Geochemical Characteristics of Granitoids in Contrasting Arcs and Comments on Magma Sources, J.Geol.Soc.London, Vol.141,413-426.

BURNS, R.G., FYFE, W.S.,(1964), Site Preference Energy and Selective Uptake of Transition-Metal Ions from a Magma, Science, V.144,1001-1003.

BURRI, C.,(1964), Petrochemical Calculations Based on Equivalents (Methods of Paul Niggli)-Israel, Program for Scientific Translations,Jerusalem, 304.

BÜRKÜT, Y.,(1985), (Gebze-Koceli) Bölgesinde Bakır-Çinko-Kurşun Prospeksiyonu, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt, 43,No,1-2, 1-7.

BÜRKÜT, Y.,(1986), Uygulamalı Jeokimya (Analiz Metodlu), İ.T.Ü. Küthanesi Sayı 1327,408.

CACOULLOS, T., STYAN, G.P.H.,(1973), A Bibliogrophy of Discriminant Analysis, In, T.Cacoullos(Ed.), Discriminant Analysis and Applications, Academic Press, 375-434.

CHAPPELL, B.W.,WHITE, A.J.R.,(1974), Two Contrasting Granite Types, Pac.Geol,8.,173-174.

CHARLOT, G.,BÉZIER, D.,(1957), Quantitative Inorganic Analysis, Methuen and Co, London, 691.

CURRIE, K.L.,(1991), A Simple Quantitative Calculation of Mol Fractions of Amphibole End-Members, Canadian Mineralogist, Vol.29,287.

DAVID, J.U.,(1977), An Introduction to Trend Surface Analysis:Concept and Techniques in Modern Geography, 5.

DAVID, J.C.,(1973), Statistics and Data Analysis in Geology, John Wily and Sons,Inc.,550.

DAVIS, J.C.,(1986), Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley and Sons, 2nd. Ed.,New York 646.

DE ALBUQUERQUE, C.A.R.,(1973), Geochemistry of Biotites From Granitic Rocks, Northern Portugal,Geochim. Cosmochim. Acta, 37,1779-1802.

DE LA ROCHE, H.,LE TERRIER, J., GRANDCLAUDE, P.MARCHAL, M.,(1980), A Classification of Volcanic and Plutonic Rocks Using R_1-R_2 Diagram and Major Element Analyses-Its Relationships with Current Nomenclature, Chemical Geolgy, 29,183-210.

DEBON, F., LE FORT, P.,(1982), A Chemical Mineralogical Classification of the Plutonic Rocks and Association, Transaction of the Royal Soc. Edinburgh Earcth Sci., 73,135-149.

DUDA, R.O.,HART,P.E.,(1973), Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley and Sons,482.

FEISS, P.G.,(1978), Magmatic Sources of Copper in Porphyry Copper Desopits, Econ.Geol.,Vol.73. 397-404.

GILES, D.L.,(1974), Geology and Mineralization of the Ulutaş Copper-Molybdenum Prospect:UNDP, Mineral Exploration in Two Areas,Turkey,Tech.Rep. 6, 40.

HAKARI, N.,(1974), Ulutaş Bakır-Molibden Yatağının Jelojik Karakteristikleri ve Mineralizasyonu Hakkında Rapor:MTA,Derleme Rapor No:5345.

HAMMARSTROM, J.M., ZEN,E.,(1986), Aluminum in Hornblende: An Empirical Igneous Geobarometer, Am.Mineral 71,1297-1313.

HARBAUGH, J.W.,MERRIAM, D.F.,(1968), Computer Applications in Stratigraphic Analysis, John Wiley and Sons,New York, 228.

HINE, R., WILLAMS, J.S., CHAPPELL, B.W., WHITE,A.J.R., (1978), Constrasts Between I-type and S-type Granitoids of the Kosciusko Batholith, Jour. Geol.Soc.Australia, 25,219-234.

HOLLAND, H.D.,(1972), Granites, Solutions,and Base Metal Deposits, Econ. Geol, V.67, 281-301.

HOLLISTER, L.S., GRISSOM, G.c.,PETERS, E.K, STOWELL, H. H.,SISSON, V.B.,(1987), Confirmation of the Emprical Correlations of Al in Hornblende with Pressure of Solidification of Calc-Alkaline Plutons, Am.Miner.,72,231-239.

HOWARTH, R.J., EARLE, S.A.M.,(1979), Application of a Generalized Power Transform to Geochemical Data, Math. Geol, 11,45-62.

HOWARTH, R.J.,(1983), Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting, Handbook of Exploration Geochemistry, Vol.2, Elsevier Sci. Pub.Com.,437.

HUGHES, C.J.(1973), Spilites, Keratophyres and the Igneous Spectrum, Geological Magazine,109, 513-527.

HUTCHISON, C.S.,(1987), Economic Deposits and Their Tectonic Setting, McMillan Education Ltd., Hong Kong, 365.

IRVINE, T.N.,BARAGAR, W.R.a.,(1971), A Guide to the Chemical Classification of Common Volcanic Rocks, Can.J.Earth Sci., 8,523-548.

ISHIHARA, S.,(1977), The Magnetite-Series and Ilmenite-Series Granitic Rocks, Mining Geol.,27,293-305.

JOHNSON, M.C..RUTHERFORD, M.J.,(1989), Experimental Calibration of the Aluminum-in-Hornblende Geobarometer with Application to Long Valley Caldera(California)Volcanic Rocks,Geology, 17,837-841.

KAHRAMAN, İ., ve diğerleri,(1987), Rize-Fındıklı,Artvin-Arhavi-Hopa-Yusufeli(kuzeyi) Yörelerinin Jeolojisi ve Cevherleşmelerinin Etüdü, MTA Rapor no:1396.

KESLER, S.E.,(1973), Copper, Molybdenum and Gold Abundances in Porphyry Copper Deposits, Econ. Geol, v.68,106-112.

KRUMBEIN, W.C.,GRAYBIL,F.A.,(1965), An Introduction to Statistical Models in Geology, Mc Graw Hill New York, 475.

LEAKE, B.E.,(1978), Nomenclature of Amphiboles, Am. Mineral, 63, 1025-1052.

LE BAS, M.J.,LE MAITRE, R.W., STRECKEISEN, a.,ZANETTIN, B.,(1986), A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram, Jour. Petrology, Vol.27, Part, 3, 745-750.

LEHMANN, B., HARMANTO., A.(1990), Large-Scale Tin Depletion in The Tanjungpandan Tin Granite Belitung Island, Indonesia, Econ-Geol.,Vol.85, 99-111.

LE MAITRE, R.W.,(1982), Numerical petrology,Developments in Petrology 8, Elsevier Sci.Pub.Com.,281.

LOWELL, J.D.,GUILBERT, J.M.,(1970), Lateral and Vertical Alteration-Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits, Econ-Geol.,V.65, 373-408.

MACHOWSKI, M.P.,diğerleri(1967), Trend Surface Analysis of Trace Chemical Data, Park City District, Utah, Econ. Geol.,62,1072-1087.

MACLEAN, W.H., HOY,L.D.,(1991), Geochemistry of Hydrotermally altered Rocks at the Horne Mine, Norand, Quebec, Econ.Geol.,Vol.86,506-528.

MATHEWS, W.G., ve diğerleri,(1975), Three Dimensional Polynomial Trend Analysis Applied to Igneous Petrogenesis, Geol.Soc.Am.mem.,142-239-256.

MCCARTY,T.S.,HASTY,R.A.,(1976), Trace Element Distribution Patterns and Their Relationship to the Cyrstallization of Granitic Melts, Geochim. Cosmochim, Acta,40,1351-1358.

MEISEL, W.S.(1972), Computer-Oriented Approaches to Pattern Recognation, Academic Press, New York,250.

MOGESSIE, A.,TESSADRI, R., VELTMAN- C.B.(1990), EMP-AMPH-A Hypercard Program to Determine the Name of an Amphibole from Electron Microprobe Analysis According to the International Mineralogical Association Scheme, Comp & Geosci., Vol.16,No:3,309-330.

MULLER, E., NAIR, M.K.R.,(1974), Bakırçay Prospect: Geological, Geohemical and Geophysical Investigations: UNDP, Mineral Exploration in Two Areos, Turkey, Tech. Rep.5,52.

MTA RAPOR NO: 8298,(1986), The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Follow-up Report, Japan Int. Coop. Agen.

MTA RAPOR NO:8405,(1987), Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Kuzey Doğu Yöresinin Maden Jeolojisi Raporu.

MTA RAPOR NO:8804,(1988), Balcılı (Artvin-Yusufeli) Porfiri Bakır-Molibden Cevherleşme Alanının Maden Jeolojisi Raporu.

OLIVERA, J.M.S.,(1979), Trend Surface Analysis in Geochemical Prospecting Data, Arouca-Castro Daire Region Northern Portugal, Chemical Geology, 24, 271-291.

PEACOCK, M.A.,(1931), Classification of Igneous Rocks, J.Geol. 39,65-67.

PEARCE, J.A., HARRIS, N.B.W.,TINDLE, A.G.,(1984), Trace Element Discrimination. Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks,Jour. Petrology, Vol.25, Part 4, 956-983.

PECCERLILLO, A., TAYLOR, S.R.,(1976), Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks From the Kastamonu Area, Northern Turkey, Cont. Miner. Petrol, 58, 63-81.

SHAND, S.J.(1927), Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification and Their Relation to Ore Deposits, London, Murby.

SHEPPARD, S.M.F.,NIELSEN, R.L.,TAYLOR, H.P.Jr.,(1971), Hydrogen and Oxygen Isotope Ratios in Minerals From Porphyr Copper Desopits, Econ. Geol., Vol.66, 512-542.

SHEPPARD, S.M.F.,GUSTAFSON, L.B.,(1976), Oxygen and Haydrogen Isotopes in the Porphyry Copper Deposit at EL Salvador, Chile, Econ.Geol.,71, 1549-1559.

SINCLAIR, A.J.,(1967), Trend Surface Analysis of Minor Elements in Sulfides of the Slocan Mining Comp. British Columbia, Canada, Econ, Geol, 62, 1095-1101.

TAYLOR, R.P.(1980), The Geochemistry of Hydrothermal Alteration at the Bakırçay Porphyry Copper Prospect, Northern Turkey, Unpublished Ph.D. Thesis, University of Leicester.

TAYLOR, R.P.(1981), Isotope Geology of the Bakırçay Porphyry Copper Prospect, Northein Turkey, Mineral. Deposita, 16,375-390.

TAKAHASHI, M.,ARAMAKI, S.,ISHIHARA, S.,(1980), Magnetite Series/Ilenite Series vs. I-type/S-type Granitoids , Mining Geology Special Issue, No:8, 13-28.

THOMPSON, R.N., MORRISON, M.A.,HENDRY, G.L., PARRY, S. J.,(1984), An Assessment of the Relative Röles of a Crust and Mantle in Magma Genesis: An Elemental Approach, Phil, Trans, R.Soc. London, A 310, 549-590.

TINDLE, A.G., PEARCE, J.A.,(1981),Petrogenetic Modelling of in situ Fractional Crystallization in the Zoned Loch Doon Pluton, Scotland, Contr.Miner, Petrol, 78,111-117.

TITLEY, S.R.,(1978), Copper, Molybdenum and Gold Content of Some Porphyry Copper Systems of the Southwestern and Westren Pasific, Econ. Geol. V.73,977-981.

TSUSUE, A., ISHIHARA, S.,(1974), The Iron Titanium Oxides in the Grantic Rocks of Soutwest Japan, Mining Geol., 24,13-30.

TUTTLE,O.F.,BOWEN, N.L.,(1958), Origin of Granite in the Light of Experimental Studies in the System $NaAlSiO_2$-$KAlSiO_2$-SiO_2-H_2O, Geol, Soc. Am.Mem.,74,153.

ÜŞÜMEZSOY, Ş.,(1982a), Istranca Masifinin Petrojenetik Evrimi, İstanbul Üniversitesi Doktara Tezi (Yayınlanmamış), 100.

ÜŞÜMEZSOY, Ş.,(1982b), Ignenous and Metamorphic Geology and Mineralization of Istranca Region, İstanbul Earth Scien. Review 3, 277-294.

ÜŞÜMEZSOY, Ş.,(1989), Istranca Botholith and Associated Porphyry Type Mineralization; As an Example of the Multiple and Composite Batholith and Related Porphyry Type Mineralization, Geosound, 17,59-105.

VILA, T.,SILLITOE, R.H.,(1991), Gold-Rich Porphyry Systems in the Maricunga Belt, Northern Chile, Econ.Geol., Vol.86,1238-1260.

VYHNAL, C.R., MCSWEEN, H.Y.,Jr., SPEER, J.A.,(1991), Hornblende Chemistry in Southern Appalachian Granitoids: Implications for Aluminum Hornblende Thermobarometry and Magmatic Epidote Stability, Am. Miner., Vol. 76, 176-188.

WETSON, G.S.,(1971), Trend Surface Analysis, Jour.Inter, Assoc., Math. Geol., 3, 215-226.

WHALEN, J.B., CURRIE, K.L., CHAPPELL, B.W.,(1987), A-type Granites: Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis, Contrib, Mineral. Petrol, V.95,407-419.

WHITE, A.J.R., CHAPPELL, B.W.,(1977), Ultrametamorphism and Granitoid Genesis , Tectonophysics, 43,7-22.

WHITTEN, E.H.T.,(1970), Orthogonal Polynomial Trend Surfaces for Irrengularly Spaced Data, J.Int. Assoc. Math. Geol. 2,141-152.

YAVUZ, F., GÜLTEKİN, A.H.,(1990), Jeokimyasal Değişkenlerin Dağılım Karakteristiklerinin (Normal Log-Normal) Saptanması, İ.T.Ü, Dergisi,Cilt 48, Sayı 2, 75-84.

YAVUZ, F., AYKOL, A.,(1991), Trend Surface Analysis of Primary Rock Samples From a Region of Copper and Zinc Mineralization, Maden Complex, SE-Turkey, Bull. Tech. Univ., Vol.44, 551-567.

YAVUZ, F.,(1992), Çangal Metaofiyoliti Dere Kuru Örneklerinin Cu-Zn Jeokimyasal Prospeksiyonu: Lineer Diskriminant Analizi, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 35, Sayı 1 (Baskıda).

ÖZGEÇMİŞ

1961 yılında Diyarbakır'ın Ergani İlçesinde doğdu. İlk ve Orta Öğrenimini Ergani'de tamamladıktan sonra, 1979 yılında Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne girdi.

1983 yılı yaz döneminde mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Programında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 1985 yılında, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak girdi. Bir dönem TEV bursiyeri oldu. 1987 yılında Yüksek Lisansını tamamladı. Aynı yıl güz döneminde Doktora çalışmasına başladı. Evli ve İngilizce bilmektedir.