

Kuzgun Formasyonu Tüfitinin Jeokimyası ve Endüstriyel Hammadde Potansiyeli

Sedat TÜRKMEN^{*1}, Fevzi ÖNER² ve Hidayet TAGA²

¹Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

²Mersin Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin

Özet

Adana ve Mersin arasında yüzeyleyen Miyosen yaşlı Kuzgun formasyonu Salbaş tüfit üyesi olarak adlandırılan birimden alınan örneklerin mineralojik ve jeokimyasal bileşimi belirlenmiştir. Salbaş tüfiti mineralojik olarak kuvars, feldispat, biyotit gibi birincil ve kil, zeolit, kalsit gibi ikincil minerallerden oluşmaktadır. Jeokimyasal olarak toleyitik karakterli olan tüfit köken olarak riyodasit, trakiandezit ve andezit bileşimli olup, volkanik yay bölgesinde oluşan magmaların ürünüdür. Salbaş tüfitinin betonda tek başına veya katkı malzemesi olarak kullanılmasına yönelik yapılan laboratuvar çalışmalarında, çimento yerine bu malzemenin kullanılması ile elde edilen betonun mukavemetinin düşük olduğu tespit edilmiş ve yüksek mukavemetli beton yapımında sorunlar ortaya çıktığı görülmüştür. Ancak betonda katkı maddesi (tras) olarak çimentoya %10 oranında eklendiğinde betonun mukavemet değerlerinde artış olduğu saptanmıştır. Bu gözlem Salbaş tüfitinin düşük dozlu beton olarak isimlendirilen RCC yapımında sorunsuz bir şekilde katkı malzemesi olarak kullanılabilceğini ve bu kullanım şekli ile özellikle baraj yapımında ekonomik anlamda önemli avantajlar sağlayacağını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Salbaş tüfiti, Tras, RCC beton, Endüstriyel hammadde

Geochemistry of the Kuzgun Formation Tuffite and its Industrial Raw Material Potential

Abstract

Mineralogical and geochemical properties of samples collected from the unit called as Salbaş tuffite member of the Kuzgun Formation of the Miocene age cropping out between Adana and Mersin have been determined. The Salbaş tuffite is composed of primary minerals such as quartz, feldspar, biotite and secondary minerals such as clay, zeolite, calcite. The tuffite geochemically has a toleitic character and rhyo-dacitic, traki-andesitic and andesitic composition and it is originated from magmas formed at a volcanic arc environment. Laboratory works for usability of the Salbaş tuffite in concrete as an additive or purer have revealed that the concrete produced by use of the tuffite instead of cement has a low strength and problems occur, in producing of high-strength concrete. However, increases in strength values of the concrete have been determined when it is added to cement in a proportion of 10% as an additive. This observation show that the Salbaş tuffite can be used with no problems for production of the Roller Compacted Concrete (RCC) called as poor concrete and this usage has an economically important advantage in mainly dam buildings.

Keywords: Salbaş tuffite, Tras, RCC concrete, Industrial raw material.

* Yazışmaların yapılacağı yazar: Sedat TÜRKMEN, Ç.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana, sturkmen@cu.edu.tr.

1. GİRİŞ

Kuzgun formasyonu tüfitleri, Adana Tarsus arasında en belirgin olarak Salbaş mevkiinde ve Tarsus – Kumdere köyü civarında yüzeylenir (Şekil 1). İnce bir şerit halinde yüzeylenen tüfler bölgedeki çimento sektörü tarafından yoğun bir şekilde kullanılan hammadde olmasına rağmen, ana element kimyası dışında; mineralojik ve özellikle iz ve nadir toprak element içerikleri hakkında yeteri kadar bilgi bulunmamaktadır. Oysa bu hammaddenin kökeni ve bölgedeki dağılımını ortaya koymak için yukarıda belirtilen parametrelerin ortaya çıkarılması önemli bir rol oynamaktadır. Bölgede herhangi bir volkanizmanın bulunmamasına rağmen bu tüflerin bölgede yer alması bölgenin jeolojisi ve paleocografyası ile ilgili bilgilerin ortaya çıkarılması açısından da önemlidir. Ayrıca detaylı mineralojik ve jeokimyasal verilerle tüflerin İç Anadolu'daki Tersiyer volkanizmasıyla olan ilişkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Tüflerin çimento endüstrisi dışında, örneğin seramik veya tuğla sektöründe kullanılıp kullanılmayacağı yine bu malzemenin mineralojik ve jeokimyasal içeriklerinin belirlenmesine bağlıdır. Bu amaçla bölgede yüzeylenen tüflerden sistematik bir şekilde toplam 100 adet örnek alınarak, Fourier Transform Infrared yöntemiyle mineralojik içeriği kabaca belirlendikten sonra yaklaşık 40 örnek tüm element kimyası belirlenmiştir. Kimyasal analizler Kanada ACME Laboratuvarlarında yapılmıştır. Örneklerin mineralojik bileşimi ve bileşenlerin morfolojisinin ortaya çıkarmak için 5 adet örnek Taramalı Elektron Mikroskop'ta, 8 örnek ise X Ray Difraktometre (XRD) yöntemleriyle analiz edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Adana–Mersin arasında yüzeyleyen tüfler çalışmanın başlıca materyalini oluşturmaktadır. Tüf önceki çalışmalarda Schmidt [1] tarafından Adana Grubunun tabanını oluşturan Üst tüf tabakası olarak tanımlanmış, Yetiş ve Demirkol [2] de ise Salbaş Tüfit Üyesi olarak tanımlanmıştır. Birim, açık gri-kirli beyaz renkli, kil ve silt içeren, yer yer biyotit ve az miktarda

mafik mineralli tüfit veya volkano-klastik silttaşı özelliğindedir. Tüf tabakası, Seyhan baraj gölünün Salbaş kesiminden batıya doğru Eshabıkeyf'e (Tarsus kuzeyi) kadar kesintisiz olarak 10-15 m kalınlığında kılavuz tabaka şeklinde uzanır (Şekil 2). Tüfler, Adana ve Mersin civarındaki çimento fabrikaları tarafından tras malzemesi olarak işletilmektedir. Proje kapsamında yöntem olarak ilk önce Adana–Mersin arasında yüzeyleyen Miyosen birimlerin daha önceden yapılmış 1/25000 ölçekli jeoloji haritası baz alınarak bu birimlerin yanal ve düşey yönde yayılımları tam olarak ortaya çıkartılmış, malzeme olarak kullanılabilirlik alanlar haritalanmıştır. Tüflerin betonda katkı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin ortaya çıkartılması amacıyla belirli oranlarda beton karışımlarına ve çimento yerine kullanılarak beton dayanım testleri yapılmıştır. Beton testleri için araziden yeter miktarda malzeme alınmış, bu malzemeler öğütülerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ayrıca çimento dozajının düşürülmesi ve dayanımın belirli bir düzeyde tutulabilmesi için tüflerin kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Önemli diğer bir hususu ise tüflerin kökenleri ve oluşum mekanizması hakkında bilimsel verilerin ortaya çıkartılması oluşturmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda jeokimyasal, mineralojik ve petrografik analizler için sistematik örnekleme çalışması yapılmıştır. Ayrıca beton testleri için çimento ve belli tane çaplarında agrega temin edilmiş ve beton deneyleri yapılmıştır.

3. İNCELEME ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

İnceleme alanının da içerisinde bulunduğu Adana Havzası batıda Ecemiş fay kuşağı, kuzeyde orojenik Toros dağ kuşağı, doğuda Amanos Dağları ile sınırlandırılır. Adana baseni Tersiyer istifli; Toros Orojenik kuşağını oluşturan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kaya stratigrafi birimleri üzerinde uyumsuz olarak gelir ve birbirleriyle geçişli 11 kaya stratigrafi biriminden oluşur. Bunlardan çalışma alanı ve yakın çevresinde; Güvenç formasyonu, Kuzgun formasyonu, Handere formasyonu, Kalıcı-Taraça ve alüvyondan oluşan birimler yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 2. Tüfitlerin yüzeylendiği alanlar ve örnek alınan noktaların Google Earth görüntüsü (Beyaz renkli alanlar tüfit)

Schmidt [1] tarafından adlandırılan Güvenç formasyonu, koyu gri, yeşilimsi gri–gri renkli şeylden oluşmakta olup içerisinde ayrıca az miktarda ince kumtaşı–silttaşı–killi kireçtaşı ve yer yer karbonlu şeyl düzeyleri yer almaktadır.

İlk defa Schmidt [1] tarafından adlandırılan Kuzgun formasyonu Adana İli'nin kuzey ve kuzeybatısında geniş yüzlekler vermektedir. Üst-Orta Miyosen döneminde çökelen birim tabanda akarsu-sığ deniz çökelleri ile başlamakta olup; çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve çamur taşı ardalanmasından oluşmaktadır. Bu seviyeyi Yetiş, ve ark., [3] Kuzgun üyesi olarak isimlendirmiştir. Kuzgun formasyonunun bir diğer üyesi Salbaş Tüfit Üyesi olarak Yetiş, ve ark., [3] tarafından tanımlanmıştır. Bu üye Kuzgun üyesinin üzerine gelmekte olup, tabanda açık gri renkli volkano-klastik kumtaşı- çakıl taşı ile başlamaktadır. Üyenin esasını oluşturan ana tüfit kütleleri açık gri-kirli beyaz renkli, kil ve mil içeren, yer yer biyotit ve mafik mineralli tüfit veya volkano-klastik mil taşı yapılarıdır. Kuzgun formasyonunun üzerine gelen bir diğer seviyeye Schmidt [1] tarafından Memişli kumtaşı, Yetiş, ve ark., [3] ise Memişli üyesi adını vermişlerdir. Başlıca akarsu, göl ve sığ deniz çökellerinden oluşan birimin akarsu çökelleri alacalı renkli, çapraz katmanlı, çakıllı kumtaşı ve kaba kumtaşı ile başlamaktadır. Üzerine ince–orta katmanlı, düşük açılı tekne biçimli çapraz tabakalı kumtaşı ve daha üstte ise kırmızı–kahve, alacalı renkli silttaşı–çamurtaşı gelmektedir. Sığ denizel çökeller ise seyrek çakıllı ince orta kumtaşı, silttaşı–çamur taşı yapılarıdır (Şekil 5).

Üst Miyosen – Pliyosen döneminde çökelen Handere formasyonu ilk defa Schmidt [1] tarafından adlandırılmıştır. Birim özellikle Adana–Misis'in kuzeyinde mostra vermektedir. Boz renkli çakıl taşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamur taşı marn şeklinde olup, yer yer alçıtaşı merceklerini içermektedir. Altta Kuzgun formasyonu üzerinde geçişli bir dokunağa sahip olan birim, üstte Adana baseninin yaygın taraça oluşumları, kaliçiler ve yer yer de genç alüvyon ile örtülü bulunmaktadır.

Adana ve yakın civarında yaygın olarak nispeten küçük alanlarda yüzlek veren bir diğer birim ise

kaliçidir. Genelde üst seviyeleri sert (hard pan), alt seviyeleri ise yumuşak (soft pan) olan bu birimin oluşumu iki farklı yaklaşımla açıklanmaktadır. Bunlardan ilki yeraltı sularının yüzeye doğru yükselirken buharlaşarak içindeki karbonatın çökmesi şeklindedir. İkinci yaklaşımda ise yüzeyden sızan sulardaki karbonatın çökmesi ile kaliçiler oluşabilmektedir. Adana'nın kuzeyinde özellikle taraça malzemelerinin üzerinde yaygın kaliçi oluşumları gözlenmektedir. Güneyde ise Ceyhan Nehri'nin Karataş'a doğru olan kısımlarında kaliçi bulunmaktadır.

Adana baseninde, Adana ovasını oluşturan eski alüvyonlar ile dere boylarında gelişmiş genç alüvyonlar bulunmaktadır. Eski alüvyonlar genellikle bitkisel toprak ile örtülüdür. Yeni alüvyonlar ise; dere boylarında gelişmiş olup, genelde kötü boylanmış, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil malzemesinden oluşmaktadır. Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin menderesli yapıları, çok iri taneli malzemedan ziyade ince taneli (kum-silt-kil) malzemelerin çökelmelerine imkan vermektedir.

Kuzgun Formasyonu

Adana havzası içerisinde sığ denizel–delta çökellerinden oluşan kırıntılı birimler ilk kez Schmidt [1] tarafından Kuzgun formasyonu olarak adlandırılmıştır. Esas itibarıyla, kumtaşı, kiltası, marn ve kireçtaşından oluşan birimler Mersin ve çevresinde Kocaveliler, Çaparlı, Kepez, Kurbanlı, Cırbıklar ve Sarıveli üyeleri olarak ayırmıştır. Araştırmacı ayrıca, bölgede kılavuz katman niteliğindeki tüfit birimi ile bunun üzerine gelen Sucular formasyonu, Koson şeyli ve Memişli kumtaşını ayırtlamıştır. Kuzgun formasyonunun tip kesiti Adana-Karaisalı yolu üzerindeki Kuzgun Köyü'ndedir [1].

Kuzgun formasyonu genel olarak çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası ve çamurtaşı ardalanmasından oluşur [1, 2, 4, 5, 6]. Bu formasyon inceleme alanı içerisinde sığ denizel karaktere sahip olduğu bölümlerinde, siltli marn tabakaları arasında ince taneli kum seviyeleri ile siltli kil birimlerinden oluşmaktadır. Ayrıca, Fadıl ve Gökkuyu köylerinde, üst kesimlerde dalga

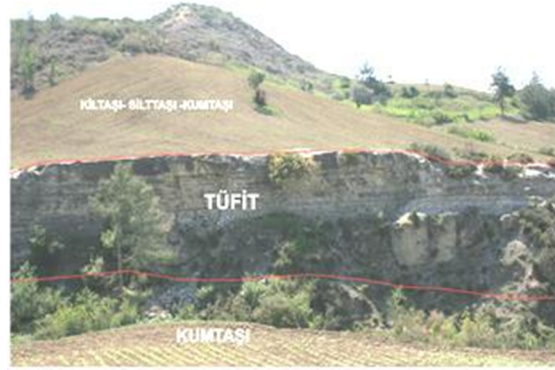
kırıksıklıkları ile canlı izleri, daha altlarda yüzeyleyen biyotürbasyonlu siltaşı ve çamurtaşı genellikle lamellibrans, gastropod ve bitki parçacıkları içermektedir [7, 8]. Ayrıca, formasyonun bazı seviyeleri örgülü nehir çökelleri ile sığ denizel çökellerden oluşmaktadır.

Salbaş Tüfit Üyesi

İnceleme bölgesinde tüfitlerle ilgili olarak [1, 2, 5, 6, 9] tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda inceleme alanında tüfitlerin birkaç seviye olarak yayılım gösterdiğinden bahsedilmiştir. Kolay aşınan ve yeniden çökeltilen, karmaşık çökelmiş veya doğrudan su içine düşmüş piroklastik parçalar yeni bir sediman oluşturduğunda, değişen derecelerde normal terrijen gereç ile karışmaktadır. Bunun sonucunda karışık kökenli yeni bir tortul oluşmaktadır [10]. Salbaş Tüfit Üyesi tabanda ana malzemesi volkanik kökenli olan bir tüfit seviyesi ve onun üzerine tüfitli malzeme ile ardalanmalı olarak kumtaşı, marn veya siltaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Formasyon tabanda Kuzgun formasyonunun çapraz tabakalanmalı kumtaşı düzeyleri yer alırken, üstüne gelen Handere formasyonu ile uyumlu ilişkiye sahiptir. Önceki çalışmalarda bulunan fosillerden birimin yaşının Miyosen (Tortoniyen) olduğu belirlenmiştir [1, 6, 8].



Şekil 3. Tüfitlerin arazide genel görünümü



Şekil 4. Tüfitlerin alt ve üst sınırları ve diğer birimlerle ilişkisi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

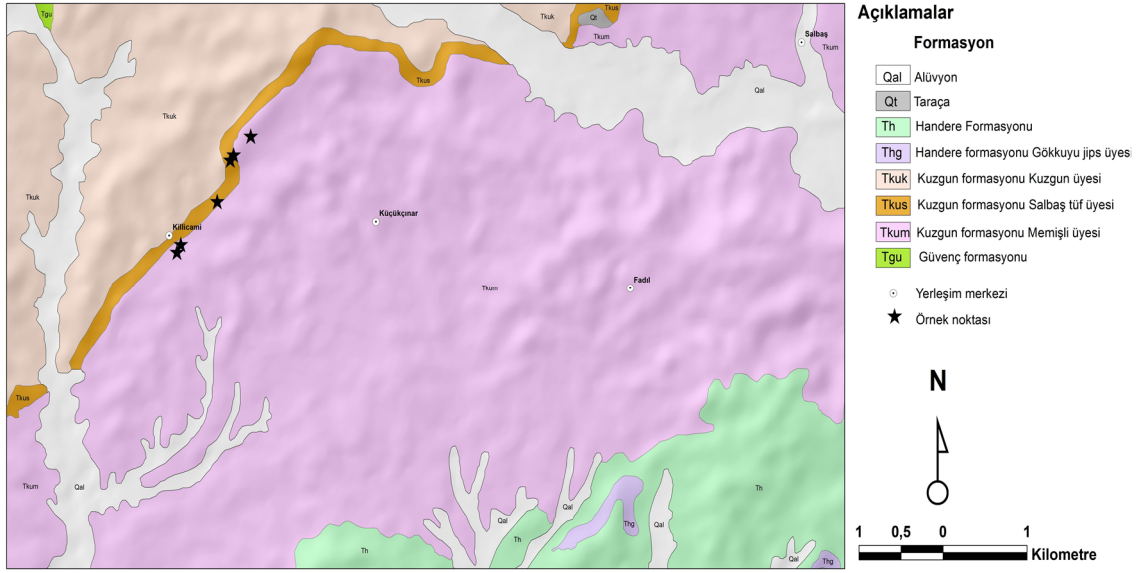
4.1. Petrografik İncelemeler

4.2. XRD İncelemeleri

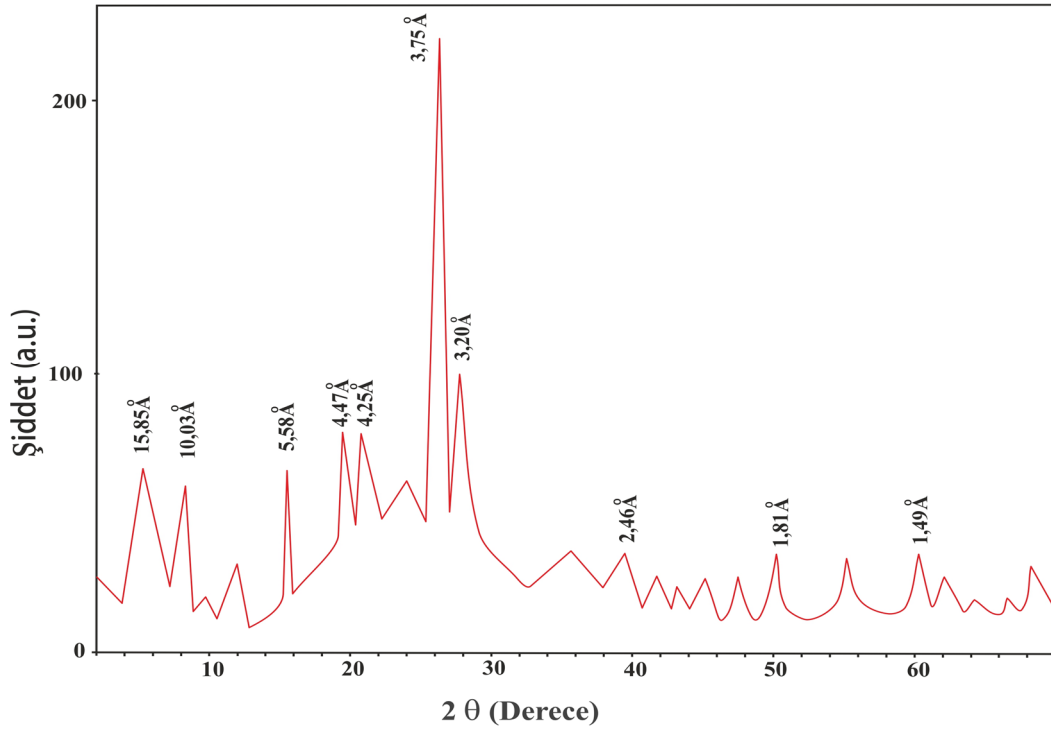
Çalışma kapsamında 8 örnek üzerinde XRD-tüm kayaç çözümlenmeleri yapılmıştır. Şekil 6 ve 7'de tipik tüf örneklerine ait desenler görülmektedir. Tüm kayaç XRD desenlerinde baskın mineraller olarak smektit, opal CT, kuvars ve kalsit mineralleri bulunmaktadır. Ayrıca ayrışma sonucu oluşan ikincil minerallerden zeolit grubu mineralleri, illit, klorit ve karışık tabakalı kil diğer önemli bileşenlerdir. Kuvarsla beraber bazı örneklerde feldspat, amfibol, piroksen türü orijinal kayaçlarda bulunan birincil minerallerde gözlenmiştir. Örneklerin bileşiminde piroksen ve amfibol türü minerallerin görülmesi tüflerin illeri derecede bir ayrımsaya uğramadıklarını göstermektedir. İkincil minerallerden zeolit, opal CT ve smektit grubu mineraller büyük bir olasılıkla tüflerin önemli bir bileşeni olan volkanik camın ayrışmasıyla oluşmuşlardır.

4.3 SEM İncelemeleri

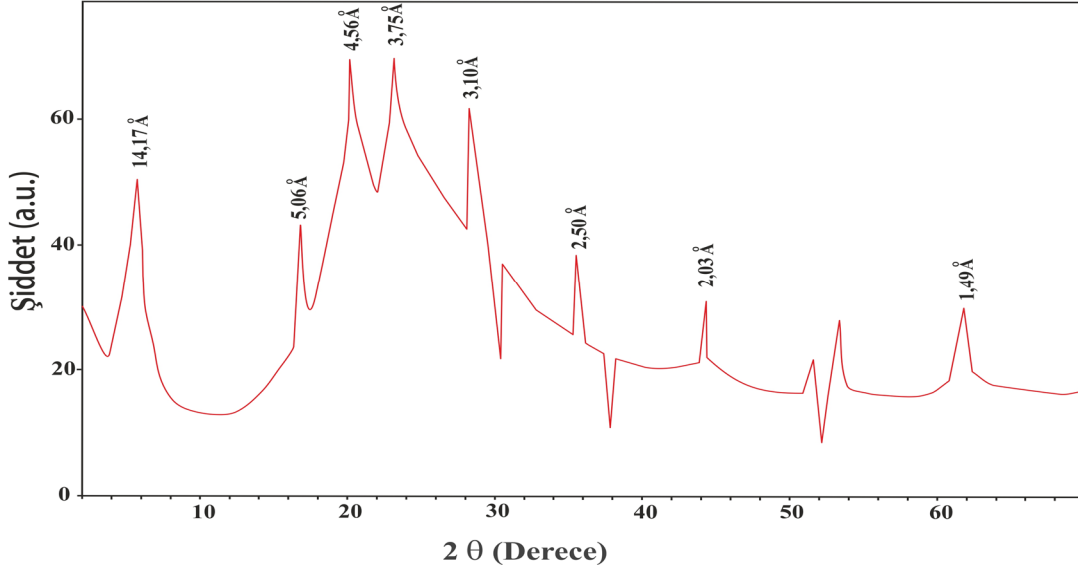
Çalışma bölgesinden alınan örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu'nda (SEM) incelemeleri sonucunda minerallerin morfolojik ve dokusal özellikleri, bileşimi, kristalleşmesi ve oluşumu



Şekil 5. İnceleme alanının jeoloji haritası (Yetiş ve Demirkol [2]' dan değiştirilerek alınmıştır)

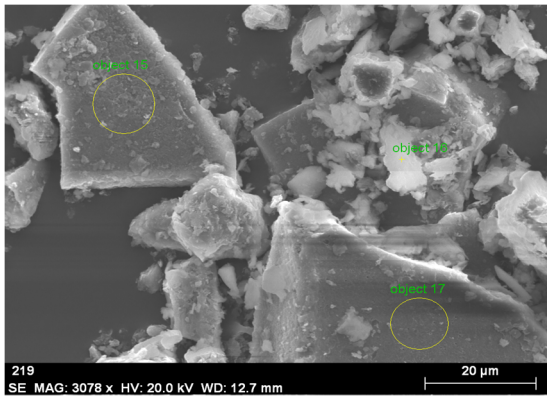


Şekil 6. Tüf örneklerin tüm kayaç XRD deseni (Örnek No: S-22), kuvars ve feldspat mineraller kayacın en önemli bileşenleridir

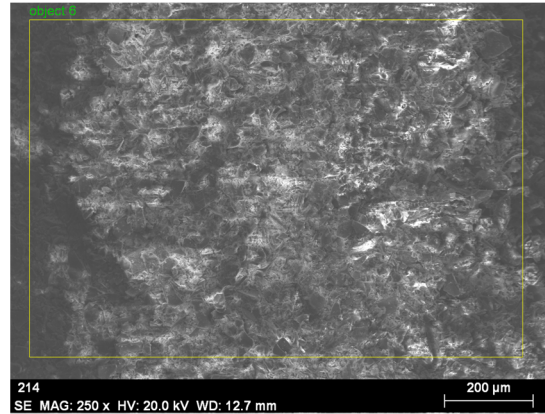


Şekil 7. Tüf örneklerin tüm kayaç XRD deseni (Örnek No: S-04) opal CT ve smektit grubu mineraller kayacın en önemli bileşenleridir

hakkında bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Analizi yapılan örneklerin SEM görüntüleri Şekil 8 ve 9 görülmektedir. Şekil 8’de zeolit grubu minerallerinden için tipik olan pseudoheksagonal yapı görülmektedir. Şekil 9’da smektit minerallerinin için tipik olan mısır gevreği (corn flacs) dokusu görülmektedir. Örneklerin bileşiminde bulunan smektit, zeolit ve kalsit türü mineralleri bazık özellikteki bir çökeltme ortamında oluştuklarına işaret etmektedir.



Şekil 8. Tüfit istifinden alınan örneklerin SEM görüntüleri (Örnek S-22)



Şekil 9. Tüfit istifinden alınan örneklerin SEM görüntüleri (Örnek S-22)

5. TÜFİTLERİN JEOKİMYASI

5.1. Tüfitlerin Ana, İz ve Nadir Toprak Element Dağılımları

Arazi çalışmaları kapsamında alınan 28 adet örneğin ana-iz ve nadir toprak element içerikleri

Çizelge 1’de verilmiştir. Tüf örneklerinin ana oksit içerikleri sırasıyla; SiO₂: %32,9-70,5; Al₂O₃: %6,6-16,7; Fe₂O₃: %1,41-5,2; MgO: %0,84-4,4; CaO: %1,35-24,7; Na₂O: %0,49-3,29; K₂O: %1,23-3,24; TiO₂: %0,11-0,53; MnO: %0,03-0,1 ve P₂O₅ içeriği %0,01-0,09 arasında değişmektedir. Bu bölgedeki örneklerin toplam karbon (TC) içeriği büyük değişimler sunmakta ve %0,06-24,7 arasında değişmektedir. Analiz edilen örneklerin toplam küçürt (TS) içerikleri ise %1’in altında olup, ateşte kayıp değerleri 5,5-24,7 arasında değişmektedir.

Tüf örneklerin ana elementlerinin birbirleriyle olan ilişkilerine bakıldığında (Şekil 10) SiO₂ ile Al₂O₃, K₂O, Na₂O arasında negatif, diğer oksitlerden CaO, MgO, P₂O₅, CO₂ ve LOI arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkiler örneklerin mineralojisinde kaynaklanmaktadır. Ayrıca CaO ile TC (toplam karbon) arasında kuvvetli pozitif bir ilişki vardır (r=0,89) buda bu iki bileşenin aynı mineralin (kalsit) yapısında bulduklarını göstermektedir. İz elementlerden büyük iyon yarı çaplı litofil elementlerden (LIL) Ba, Sr ve Rb miktarları önemli değişimler göstermektedir. Örneklerin Ba içeriği 290 ppm ile 792 ppm, Rb içeriği 43 ppm ile 163 ppm ve Sr içeriği 85 ppm ile 418 ppm arasında değişmektedir.

Tüf örneklerinin iz ve nadir toprak elementlerinin ana element ve birbirleri ile olan ilişkilerine bakıldığında, iz elementlerden Sr ile CaO, CO₂ arasında çok kuvvetli bir ilişkinin (r=0,94 ve r= 0,92) olması, bu elementin silis minerallerinden ziyade karbonat (kalsit) mineralinin bileşimindeki Ca yerini aldığını göstermektedir. Diğer önemli bir iz element olan Rb ise Sr karşılık silis içerikli birincil minerallerden alkali feldspatların yapısına girerek K yerini almıştır (r=0,98). Baryum ile ana elementler arasında ise herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Baryum, rubidyum ve stronsiyum arasında ise herhangi bir ilişki bulunmamaktadır, bu da yukarıda özetlendiği gibi bu elementleri farklı fazları tercih etmelerinden kaynaklanmaktadır. Diğer uyumsuz elementlerden Zr, Nb, Ga, Hf, Ta ve Th’un miktarları önemli değişimler göstermektedir. Bu elementlerin

örneklerdeki ortalama miktarları sırasıyla; Zr: 110 ppm; Nb: 8,67 ppm; Ga: 8,3 ppm; Hf: 3,3 ppm; Ta: 0,47 ppm ve Th: 11,9 ppm’dir. Bu bölge örneklerinin nadir toprak element (La-Lu) içerikleri ise çok düşük olup 20,1 ppm ile 0,19 ppm arasında değişmektedir. Nadir toprak elementlerle (NTE) HFS olarak adlandırılan Zr, Hf, Nb, Ti ve Th arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Buda NTE’lerin zirkon, ilmenit vs. türü minerallerin yapısında bulduklarına işaret etmektedir.

Tüflerin ilksel kayacının bileşimini ortaya koyabilmek için çeşitli kimyasal adlandırma diyagramları kullanılmaktadır. Şekil 11’de SiO₂’ye karşı toplam alkali (Na₂O+K₂O) miktarı yerleştirilerek yapılan kayaç sınıflandırma diyagramı görülmektedir [11]. Örneklerin tamamına yakın bir kısmı bu diyagramda tanımlanan alanların bir çoğu üzerinde yer almaktadır. Bunun nedeni yüksek hareketliliğe sahip olan alkali elementlerin ayrışma (killeşme) sürecinde ilksel kayacın bileşiminden, yani ortamdan uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle çalışma bölgesinden toplanan kayaçların isimlendirilmesi için yüzeysel ayrışma ve hidrotermal alterasyon süreçlerinde hareketsiz davrandıkları bilinen elementlerden Nb, Y, Zr ve TiO₂ ve bunların oranları kullanılarak hazırlanan Nb/Y’a karşı Zr/TiO₂*0,0001 diyagramı kullanılmıştır [12] (Şekil 12). Buna göre çalışma bölgesinden alınan örneklerin büyük bir kısmı trakiandezit alanına düşmektedir.

Tüflerin total alkali-silika diyagramındaki konumlarına bakıldığında, örneklerin tümü subalkali bölgede yer almaktadırlar (Şekil 13). Bu da trasların toleyitik bir magmadan oluştuklarını göstermektedir.

Tüflerin oluşumuna neden olan magmanın jeotektonik açıdan hangi tür bir ortamda oluştuğunu ortaya koymak için Rb-Y+Nb diyagramı kullanılmıştır [14] (Şekil 14).

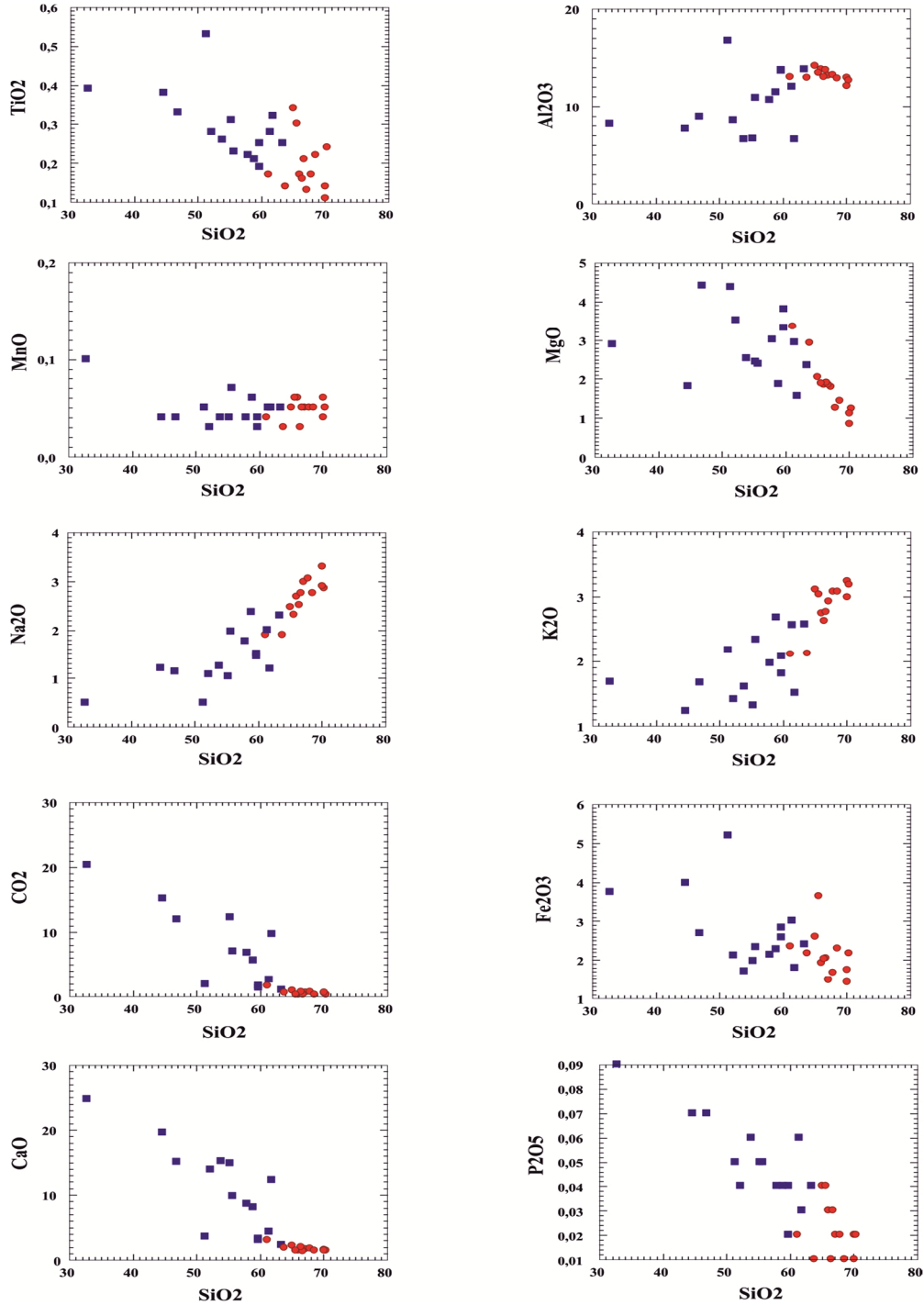
Örnekler bu diyagramda belirgin bir şekilde Volkanik Yay Granitoyid (VAG) alanına düşmektedir ve magmaların oluşumunda yitim olayları etkin olmuştur.

Çizelge 1. Salbaş tüfit'ine ait örneklerin kimyasal bileşimi (ana elementler %, iz elementler ise ppm cinsinde verilmiştir, LOI: Ateşte Kayıp)

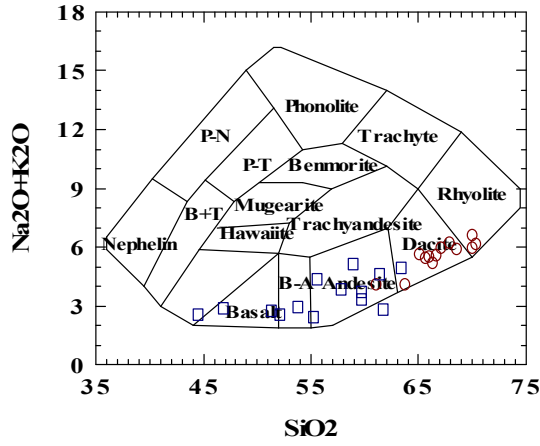
No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	LOI
S-1	54,0	6,6	1,7	2,5	15,2	1,3	1,6	0,3	0,1	0,0	16,1
S-2	52,3	8,5	2,1	3,5	13,9	1,1	1,4	0,3	0,0	0,0	16,5
S-3	61,2	13,0	2,3	3,4	3,0	1,9	2,1	0,2	0,0	0,0	12,7
S-4	67,3	13,2	1,5	1,8	1,6	3,0	2,9	0,1	0,0	0,1	8,5
S-5	58,1	10,6	2,1	3,0	8,6	1,8	2,0	0,2	0,0	0,0	13,3
S-6	70,2	12,9	1,4	0,8	1,5	3,3	3,2	0,1	0,0	0,1	6,2
S-7	65,2	14,1	2,6	2,1	2,2	2,5	3,1	0,3	0,0	0,1	7,6
S-8	47,1	8,9	2,7	4,4	15,1	1,1	1,7	0,3	0,1	0,0	18,4
S-9	68,0	13,2	1,7	1,3	1,8	3,1	3,1	0,2	0,0	0,1	7,3
S-10	66,2	13,7	1,9	1,9	1,4	2,7	2,7	0,2	0,0	0,1	9,1
S-11	63,6	13,7	2,4	2,4	2,3	2,3	2,6	0,3	0,0	0,1	10,3
S-12	66,9	13,7	2,1	1,9	1,4	2,8	2,8	0,2	0,0	0,1	8,2
S-13	59,1	11,4	2,3	1,9	8,0	2,4	2,7	0,2	0,0	0,1	11,8
S-14	55,4	6,7	2,0	2,4	14,9	1,0	1,3	0,3	0,1	0,0	15,5
S-15	59,9	13,6	2,6	3,8	3,0	1,5	1,8	0,2	0,0	0,0	13,3
S-16	64,0	12,9	2,2	2,9	1,9	1,9	2,1	0,1	<0,01	0,0	11,8
S-17	59,9	13,7	2,8	3,3	3,3	1,5	2,1	0,3	0,0	0,0	12,9
S-18	66,5	13,0	2,0	1,9	2,0	2,5	2,6	0,2	<0,01	0,0	9,1
S-19	51,5	16,7	5,2	4,4	3,6	0,5	2,2	0,5	0,1	0,1	15,1
S-20	68,7	12,9	2,3	1,4	1,4	2,8	3,1	0,2	<0,01	0,1	7,0
S-21	70,5	12,6	2,2	1,2	1,4	2,9	3,2	0,2	0,0	0,1	5,5
S-22	65,8	13,4	3,6	1,9	1,4	2,3	3,0	0,3	0,0	0,1	8,0
S-23	61,6	12,0	3,0	2,9	4,3	2,0	2,6	0,3	0,1	0,1	11,0
S-24	55,8	10,8	2,3	2,4	9,8	2,0	2,3	0,2	0,1	0,1	14,0
S-25	32,9	8,2	3,7	2,9	24,7	0,5	1,7	0,4	0,1	0,1	24,7
S-26	44,7	7,7	4,0	1,8	19,5	1,2	1,2	0,4	0,1	0,0	18,8
S-27	61,9	6,6	1,8	1,6	12,3	1,2	1,5	0,3	0,0	0,1	12,3
S-28	70,2	12,0	1,7	1,1	1,4	2,9	3,0	0,1	0,0	0,0	7,3

Çizelge 1'in devamı

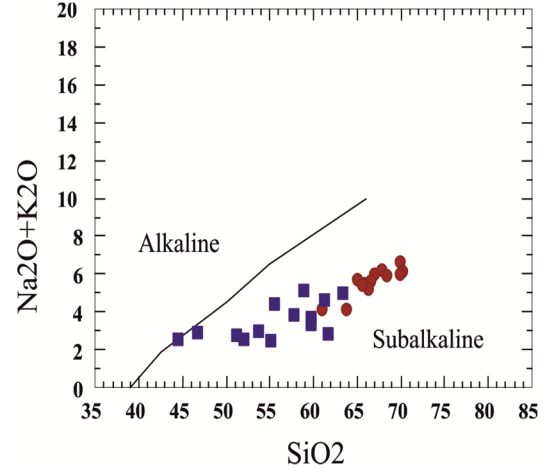
No	Ba	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	Zr	Y
S-1	606,0	6,5	2,2	5,9	48,4	348,8	0,4	5,1	91,6	10,7
S-2	460,0	8,0	3,7	7,3	43,4	334,4	0,6	9,7	137,9	11,4
S-3	420,0	11,9	2,8	12,1	90,2	151,3	1,1	22,0	83,0	11,7
S-4	609,0	12,0	3,0	12,6	129,6	112,7	1,2	24,3	77,0	12,6
S-5	550,0	9,8	3,7	10,2	76,7	235,2	0,7	15,6	128,9	12,0
S-6	698,0	12,1	2,2	12,2	150,1	85,6	1,1	22,7	76,6	13,2
S-7	566,0	14,4	3,9	14,0	140,5	113,3	1,1	20,6	121,6	18,2
S-8	312,0	9,2	4,6	9,6	59,8	252,1	0,7	11,7	166,1	14,9
S-9	655,0	11,6	2,6	12,5	139,5	89,2	1,1	22,4	82,5	13,2
S-10	653,0	12,5	3,2	12,6	125,8	87,2	1,1	22,9	86,0	13,4
S-11	521,0	12,6	2,9	13,0	120,8	112,1	1,0	21,1	86,3	14,9
S-12	603,0	13,4	3,2	13,4	139,4	97,3	1,1	21,0	95,5	14,6
S-13	564,0	11,4	3,0	12,3	126,8	249,4	0,9	18,5	95,3	15,6
S-14	753,0	5,9	2,3	6,1	45,1	341,8	0,6	4,6	69,5	13,3
S-15	388,0	12,8	2,9	13,6	76,4	105,7	1,2	25,7	86,8	13,5
S-16	460,0	12,5	2,6	12,6	100,6	91,6	1,2	24,7	74,2	13,7
S-17	448,0	13,7	3,1	13,8	96,6	111,9	1,1	21,4	85,7	17,3
S-18	573,0	11,2	2,7	12,8	126,1	87,9	1,3	21,6	79,9	14,2
S-19	321,0	19,8	3,0	13,5	109,6	114,8	0,9	16,5	84,8	25,7
S-20	632,0	13,3	3,3	12,9	151,0	89,4	1,1	22,4	103,1	16,1
S-21	646,0	12,5	4,2	13,6	153,6	91,4	1,2	21,9	120,7	17,2
S-22	612,0	14,8	3,3	14,6	155,2	93,1	1,1	21,9	102,3	17,3
S-23	475,0	11,9	3,1	11,7	124,0	165,1	0,8	18,5	88,5	15,8
S-24	440,0	9,7	3,2	10,1	105,6	249,3	0,7	15,8	90,5	13,2
S-25	290,0	8,9	2,5	7,6	68,7	350,9	0,4	6,5	82,9	12,2
S-26	635,0	7,2	4,7	5,8	43,8	418,6	0,4	8,0	164,5	14,2
S-27	792,0	6,4	4,6	6,9	51,9	387,0	0,2	6,0	185,1	10,3
S-28	680,0	12,1	2,6	13,3	162,8	102,7	1,0	25,1	76,6	14,9



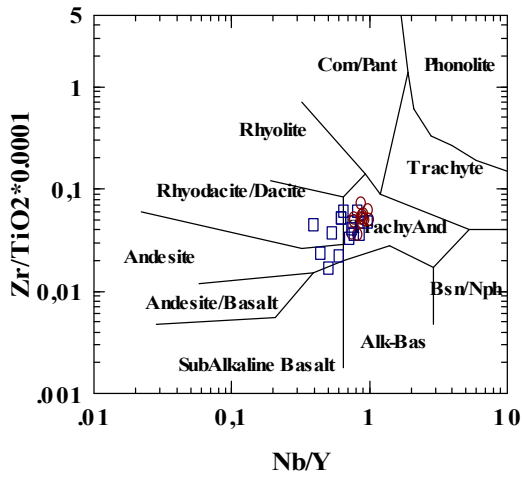
Şekil 10. Tüfit sahasından alınan örneklerin SiO₂'ye karşı diğer ana elementlerin değişim diyagramları (kare: karbonat içeriği yüksek, daire: karbonat içeriği düşük örnekler)



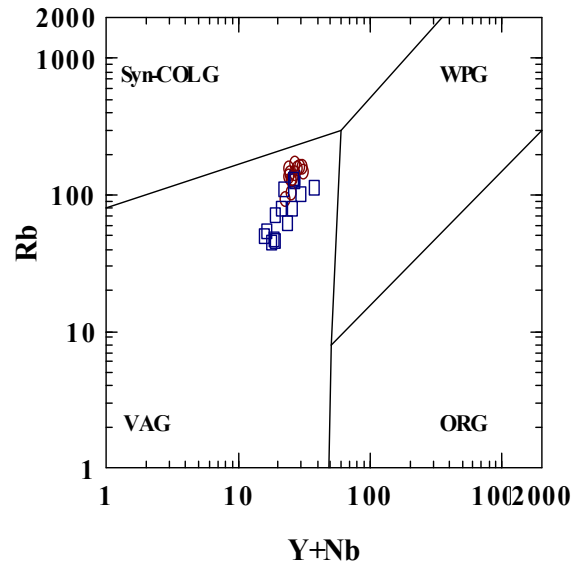
Şekil 11. Tüf örneklerin alkali silis (TAS) diyagramındaki konumu [11]. Alkali elementler ayrışma sonucu birincil kayacın yapısında uzaklaştırıldığından dolayı örnekler bileşimi bazalttan riyolite kadar değişim göstermektedir (kare: karbonat içeriği yüksek, daire: karbonat içeriği düşük örnekler)



Şekil 13. Tüf örneklerinin toplam alkali - silis diyagramındaki konumu (kare: karbonat içeriği yüksek, daire: karbonat içeriği düşük örnekler) [13]



Şekil 12. Tüf örneklerinin Nb/Y-Zr/TiO₂*0,001 diyagramındaki konumu [12]. Daha az ayrışma gösteren örnekler (kırmızı renk) belirgin bir şekilde Traki-Andezit alanına düşmektedirler (kare: karbonat içeriği yüksek, daire: karbonat içeriği düşük örnekler)



Şekil 14. Tüf örneklerinin Rb - Y + Nb diyagramındaki konumları (kare: karbonat içeriği yüksek, daire: karbonat içeriği düşük örnekler) [14]

6. TÜFLERİN BETON YAPIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİ

RCC (Roller compacted concrete; silindirle sıkıştırılmış beton), baraj gövde inşaatlarında ve geniş alanları kaplayan beton yapımında hızla yaygınlaşmıştır. Betonun bileşimini oluşturan en önemli iki bileşen çimento ve agregadır. Agreganın kimyasal, mineralojik ve fiziksel özellikleri betonun mukavemetinde önemlidir. Diğer bileşen olan çimentonun bağlayıcılık niteliği de tanelerin birbirine bağlanmasını sağlar ve son derece önemlidir. Yetken ve Çavdar [15] yaptıkları çalışmada, doğal puzolanların (tras) çimentonun üretim sırasında katılım oranına bağlı olarak dayanım, katılma süresi ve hacim genişmesi gibi özelliklerine etki ettiğini, yaptıkları beton deneyleri ile ortaya koymuş ve doğal puzolan türü ve inceliği sabit tutularak, %0, %10, %20, %25, %30, %35 kütle oranlarında tras içeren çimento üreterek, tras oranı artışının, betonun erken yaştaki dayanımını, belirgin ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada agrega türü ve miktarları sabit tutularak çimento miktarı belli oranlarda azaltılarak yerine tüfit malzeme eklenerek bir karışım türü oluşturulmuştur. Oluşturulan bu karışımlara eklenen tüfit malzeme ile çimentonun bağlayıcılık özelliğinin artırılması ve çimento miktarının azaltılmasıyla ekonomik, mukavemeti yüksek beton elde edilebilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanında ve yakın çevresinde çimento fabrikalarının var olması, kentleşmenin hızlı ilerlemesi nedeniyle kaliteli ekonomik beton elde etmek için bölgede bulunan tüfitlerin kullanılabilirliği hedeflenmiştir. Bu malzemeye endüstriyel alanda tras adı verilmektedir.

Tüflerin beton katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda ilk adımda kontrol betonu olarak C₃₀ standartlarındaki kontrol karışımı oluşturulmuştur (Çizelge 2). Daha sonra değiştirilmeli tasarım karışım oranları belirlenmiş ve bu tasarımda, kontrol betonundaki çimento miktarı %10, %20, %30 oranında azaltılarak, bu orana karşılık gelen miktarda daha önce araziden alınmış ve değirmede öğütülüp 40 no'lu (0,425 mm) ve 200 no'lu

(0,075 mm) eleklerden elenmiş ve boyutlandırılmış olan tüfit malzemenin, 40 no'lu elek ile 200 no'lu elek arasında kalan tane boyutundan azaltılan çimento miktarı kadar eklenerek değiştirmeli karışım hazırlanmıştır. Eklemeli karışım türünde ise kontrol betonu karışımındaki çimento miktarı sabit kalmak üzere çimento miktarının %10, %20, %30'u kadar 40 no'lu elek ile 200 no'lu elek arasında kalan tüfit malzemenin eklenmiş ve betonda çimentoya katkı maddesi olarak karışım oluşturulmuştur. Hazırlanan bu karışımlar, karışım oranlarda belirtilen su oranları ile karıştırılarak, 15 cmx15 cmx15 cm ebatlarındaki küp şekilli çelik kalıplara şişlenerek doldurulmuş ve beton blokları elde edilmiştir (Şekil 15). Her karışım dizaynı için 3 adet beton blok hazırlanmış ve 24 saat priz süresinden sonra kırılma gününe kadar su havuzunda bekletilmiştir. Hazırlanan beton blokların her karışımındaki birer taneleri 7 gün'lük zamanlarda kırılmış, ikişer taneleri ise 21 gün'lük zaman sonunda kırılarak tek eksenli basınç mukavemet değerleri elde edilmiştir (Şekil 16). Tek eksenli basınç mukavemet değerleri aşağıda sayısal olarak Çizelge 3'de sunulmuştur.



Şekil 15. Küp şeklinde hazırlanmış beton örnekleri

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sayısal ve deneysel veriler ışığında tüfit malzemenin yüksek mukavemetli beton yapımında çimento yerine kullanıldığı takdirde mukavemet değerlerinde düşüş olduğuna, ancak betona katkı maddesi olarak çimentoya ek olarak

kullanıldığında %10 oranına kadar eklendiği takdirde mukavemet değerinde bir miktar artış olduğu saptanmıştır. Bu çalışmalar neticesinde

bölgedeki tüfit malzemenin RCC (silindire sıkıştırılmış beton) barajların gövde inşaatı gibi düşük mukavemetli beton kullanılan yerlerde ekonomik olarak kullanılabilceği saptanmıştır.

Çizelge 2. Kontrol betonu karışım tablosu

Kontrol Betonu C30

	Kırma Kum	İnce Çakıl	Kaba Çakıl	Su	Çimento	Toplam	Su/Çimento
C ₃₀ /1 m ³	908 kg	414 kg	468 kg	196 kg	370 kg	2356 kg	0,52
C ₃₀ /0,0033 m ³	3064 g	1397 g	1579 g	660 g	1248 g	7096 g	0,52

Çizelge 3. Değişirmeli tasarım betonlarının tek eksenli basınç dayanımı verileri

Karışım	7 gün MPa	21 gün MPa		21 gün ort. MPa
Tüfit miktarı	21,04	29,7	29,3	29,5
10%	18,02	23,8	28,3	26,05
20%	12,67	21,4	24,9	23,15
30%	9,26	15,2	15,6	15,4



Şekil 16. Hazırlanan beton örneklerinin dayanım deneyleri

7. SONUÇLAR

Adana-Tarsus arasında Kuzgun formasyonu tüfitlerinin tipik mostraları Salbaş mevki ve Tarsus-Kumdere köyü civarında görülmektedir.

İnce bir şerit halinde yüzeylenen tüfler bölgedeki çimento sektörü tarafından tras malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yapılan XRD analizlerine göre tüfitlerde egemen mineraller olarak smektit, illit, klorit grubu kil mineralleri, zeolit, opal CT, kuvars ve kalsit mineralleri bulunmaktadır. Ayrıca düşük miktarlarda illit, klorit grubu ve karışık tabakalı kil minerallerinde gözlenmiştir.

Salbaş tüfit örneklerinin ana element ve ateşte kayıp değerleri önemli değişimler göstermektedir. Bu da örneklerin önemli miktarda karbonat içermelerinde kaynaklanmaktadır. Ana element ve iz elementlerin birbiriyle olan ilişkilerine bakıldığında sadece Sr, CaO, LOI önemli bir ilişki gösterirken, Rb, K₂O ile önemli korelasyon göstermektedir. Bu ilişkiler örneklerin mineralojik bileşiminden kaynaklanmaktadır. Çalışma alanından alınan tüfit örnekler Nb, Y, Zr ve TiO₂ gibi jeolojik olaylardan az etkilenen elementler kullanılarak oluşturulan isimlendirme diyagramında orijinde riyodazit, trakiandezit ve andezit bileşimli oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca, tüfiti oluşturan piroklastik malzeme tolyitik

karakterli olup, Volkanik Yay Bölgesinde (VAG) oluşan magmaların ürünü olduğu tespit edilmiştir.

Tüfitler kökensel açıdan, Orta Anadolu Miyosen volkanizması sonucu göl ve deniz ortamında biriken tüflerin belirli bir kılavuz düzey oluşturduğu önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında [5, 6] doğudan batıya doğru göl ortamından sığ denize geçişin söz konusu olduğu anlaşılmaktadır. Önceki çalışmalarda Tortoniyen yaşı verilen bu birimin büyük bir olasılıkla Erciyes eksplosif volkanizması ile ilişkili olduğu söylenebilir.

Salbaş tüfitinin betonda tek başına veya katkı malzemesi olarak kullanılmasına yönelik yapılan laboratuvar çalışmalarında çimento yerine bu malzemenin kullanılması ile elde edilen betonun mukavemetinin düşük olduğu tespit edilmiş ve yüksek mukavemetli beton yapımında sorunlar ortaya çıktığı görülmüştür. Ancak betonda katkı maddesi (tras) olarak çimentoya %10 oranında eklendiğinde betonun mukavemet değerlerinde artış olduğu saptanmıştır. Bu gözlem Salbaş tüfitinin düşük dozlu beton olarak isimlendirilen RCC yapımında sorunsuz bir şekilde katkı malzemesi olarak kullanılabilmesini ve bu kullanım şekli ile özellikle baraj yapımında ekonomik anlamda önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Tüfitlerin çimento yapımında tras olarak kullanımı dışında tuğla ve seramik yapımında kullanılabilmesi bilinmektedir. Bu çalışmada Salbaş tüfitini beton yapımında kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sayısal ve deneysel veriler ışığında tüfit malzemenin yüksek mukavemetli beton yapımında çimento yerine kullanıldığı takdirde mukavemet değerlerinde düşüş olduğuna, ancak betona katkı maddesi olarak çimentoya ek olarak kullanıldığında %10 oranına kadar eklendiği takdirde mukavemet değerinde bir miktar artış olduğu saptanmıştır. Esas itibarıyla RCC betonda katkı malzemesi olarak kullanılabilmesi ve düşük dozlu beton olan RCC'nin, tüflerin kullanımı ile

özellikle baraj yapımında ekonomik olarak kullanılabilmesi ortaya konmuştur.

8. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen (MMF2007BAP13) projenin bir bölümü olarak gerçekleştirilmiştir. Yazarlar çalışma için destek sağlayan Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne sonsuz teşekkürlerini sunar.

9. KAYNAKLAR

1. Schmidt, G. C., 1961. Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region Petroleum District VII: Petroleum Administration Bull. 6,47-63.
2. Yetiş, C., Demirkol, C., 1986. Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeolojik Etüdü: MTA Raporu Derleme No. 8037-8037 a, 187s. (yayımlanmamış).
3. Yetiş, C., Demirkol, C., Lagap, H., Ünlügenç, U. C., 1991. Kozan-K20 Paftası: MTA 1:100000 Ölçekli Açınama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ser. No: 36, 18s.
4. Öğrünç, G., 1996. Yenice (Tarsus) Kuzeyi Neojen İstifinin Mikropaleontolojik İncelenmesi ve Ortamsal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).
5. Ünlügenç, U.C., 1993. Controls on Cenozoic Sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey, Unpublished PhD Thesis, Keele University, UK. Two Vol. 229 p.
6. Aşar, N., Nazik, A., Dincer, F., Darbaş, G. 2006. Adana Havzası Kuzgun Formasyonunun Mikrofosiller ile Ortamsal Yorumu. *Yerbilimleri*, 27 (1), 1-21, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi. Ankara.
7. Öğrünç, G., Gürbüz, K., Nazik, A., 2000. Adana Baseni Üst Miyosen-Pliyosen İstifinde Messiniyen Tuzluluk Krizine ait Bulgular. *Yerbilimleri*, 22, 183-192.
8. Öğrünç, G., 2001. Messiniyen Tuzluluk Krizi Sırasındaki ve Sonrasındaki Çökellerin Stratigrafisi ve Paleokolojisi Bir Örnek: Adana

- Baseni. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).
9. İlker, S., 1975. Adana Baseni Kuzeybatısının Jeolojisi ve Petrol Olanakları, TPAO Arama Arşiv No: 973 (yayımlanmamış), Ankara, 63s.
 10. Pettijohn, F. J., 1975. Sedimentary Rocks. Third Edition, Harper and Row Publishers, New York.
 11. Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. and Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford.
 12. Winchester, J.A., Floyd P.A., 1977. "Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobility Elements", Chem. Geol. 20, 325-343.
 13. Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971, A Guide to Geochemical Classification of the Common Volcanic Rocks, Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.
 14. Pearce J. A., Harris N. B. W., Tindle A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. J. Petrol., 25,956-983.
 15. Yetken, Ş., Çavdar, A. 2005. Doğal Puzzolan Katkı Oranının Çimentonun Dayanım, İşlenebilirlik, Katılaşma ve Hacim Genleşmesi Özelliklerine Etkisi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der. 17 (4), 687-692, 2005 17 (4), 687-692.