

ANDEZİT KESİM ARTIKLARININ PUZOLANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Investigation of Pozzolanic Properties of Andesite Cutting Waste

Hakan CEYLAN*

Metin DAVRAZ**

ÖZET

Doğal taşların ocaklardan çıkarılması, fabrikalarda kesilmesi ve parlatılması işlemlerinde farklı boyutlarda oldukça fazla miktarda artık açığa çıkmaktadır. Bu artık miktarının genel olarak % 20-30 civarında olduğu bildirilmektedir. Ancak bazen doğal taş bloklarının çatlak, süreksizlik ve kesilebilirlik durumuna göre bu oran % 50-60'lara kadar çıkabilmektedir. Andezit inşaat sektöründe, Türkiye'de ve dünyanın birçok yerinde kaldırım taşı, bordür, merdiven basamağı, denizlik yapımı gibi işlerde uzun sürelerden beri kullanılan doğal taşlardan biridir. Andezitin volkanik kökenli bir kayaç olması ve yüksek oranda SiO₂ içermesi nedeniyle, kayacın işlenmesi sırasında açığa çıkan artık tozlar puzolanik özellik gösterebilir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, Isparta Merkez Direkli Köyü civarından çıkarılan andezitlere ait toz artıkların puzolanik özellikler açısından uygun özellikte olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Doğal taş, Andezit Toz Atığı, Puzolanlar.

ABSTRACT

A large amount of natural stone waste in different grain sizes is exposed during operations such as extraction from quarries, cutting and polishing in processing plant. The amount of waste is reported to be around 20-30%. However, sometimes this rate can be up to 50-60% depending on cracks, discontinuities and sawability conditions of natural stone blocks. Andesite is one of the natural stones using in Turkey and world for a long time for production of building materials such as paving, curbs, stairs, windowsills in the construction industry. Due to andesite is a volcanic rock and high SiO₂ content, its fine powder wastes exposed during stone processing have pozzolonic properties. As a result of this study, powder wastes of andesite extracted from Isparta-Direkli village have suitable properties in point of pozzolonic activity.

Key Words : Natural stone, Andesite Powder Waste, Pozzolans.

* Yrd. Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Tek. Bil. Mes. Yük. Okulu, ISPARTA, hakanceylan@sdu.edu.tr

** Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Doğal ve End. Yapı Mal. Uygulama ve Arşt. Merkezi, ISPARTA

1.GİRİŞ

Türkiye doğal taş rezerv ve çeşitliliği bakımından dünyada oldukça önemli bir yere sahiptir. Dünya doğal taş rezervlerinin %40'ının Türkiye'de olduğu bilinmektedir (Gencel vd., 2012). Türkiye'de bulunan 250 civarındaki doğal taş türünün 100 kadarının uluslararası pazarda iyi bilindiği ve talep gördüğü tahmin edilmektedir (Karakuş, 2011).

Doğal taşların ocaklardan çıkarılması, fabrikalarda kesilmesi ve parlatılması işlemlerinde farklı boyutlarda oldukça fazla miktarda artık açığa çıkmaktadır. Doğal taşlar bir hammadde olarak düşünülürse bu proses atıklarının aynı zamanda hammadde kaybı olduğu söylenebilir. Bu artık miktarının genel olarak % 20-30 civarında olduğu bildirilmektedir (Gencel vd., 2012). Ancak bazen doğal taş bloklarının çatlak, süreksizlik ve kesilebilirlik durumuna göre bu oran % 50-60'lara kadar çıkabilmektedir. Bir çalışmada, mermer fabrikalarında işlenen mermerlerin ortalama %30'nun sadece toz olarak atıldığı hesaplanmıştır (Yıldız ve Eskikaya, 1995). Doğal taş üretim süreçlerinde ortaya çıkan bu artıkların kullanılabilirliği endüstriyel açıdan kazanç olduğu kadar çevresel açıdan da bir sorunun giderilmesi anlamını taşımaktadır. Bu nedenle doğal taş üretim artıklarının değerlendirilmesi konusunda bulunabilecek alternatifler, doğal taş işletmecilerine ve ülke ekonomisine kaynak sağlayacağı gibi sektörün çevre kirletici özelliğini de tamamen ortadan kaldıracaktır (Ceylan, 2000).

Andezit magmatik kökenli bir doğal taştır. İnşaat sektöründe, Türkiye'de ve dünyanın birçok yerinde kaldırım taşı, bordür, merdiven basamağı, denizlik yapımı gibi işlerde uzun sürelerden beri kullanılmaktadır. Renk olarak gri, koyu gri, siyah, kırmızımsı, kahverengimsi ve pembemsi türleri vardır (Sarıışık vd., 2011). Andezitler, homojen yapıları, solmayan renkleri ve cilasız, silinmiş, çekiçlenmiş veya kaba yontulmuş yüzey biçimleri ile son yıllarda yurt içi ve yurt dışı doğal taş endüstrisinde tercih nedeni olmaktadır. Özellikle tarihi dokuyu anımsatan tarzı, pastel ve dingin renklere sahip olması nedeniyle birçok yapı projesinde kaplama taşı olarak kullanımı artmaktadır (Davraz, 2006).

Çizelge 1'de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre Türkiye'de andezit üretim miktarları verilmektedir. Türkiye'de Ankara, Çankırı, Afyon, Uşak, Isparta, Konya gibi illerde an-

dezit üretimi gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 1. Yıllara Göre Andezit Üretim Miktarları (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011)

Yıl	Miktar (ton)
2004	81900
2005	517831
2006	2485956
2007	4115184
2008	3307107
2009	1908544

Andezit kimyasal olarak SiO_2 (% 56-63), Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O gibi bileşenler içerir. Bu bileşenler puzolanik açıdan önem arz etmektedir. Çünkü puzolanların kimyasal yapıları da benzer bileşenlerden oluşmaktadır.

1.1. Puzolanlar

Günümüzde dünyada inşaat sektöründe bağlayıcı olarak en fazla kullanılan malzeme çimentodur. Ancak çimento belli süreçlerin uygulanması sonucu elde edilebilen bir üründür. Çimento üretim sürecinde özellikle öğütme ve pişirme aşamalarında büyük oranda enerji tüketimi söz konusudur. Ayrıca sektörün kirletici vasfı oldukça yüksektir. Bu nedenle çimento üretiminde maliyeti azaltıcı veya çimentoya alternatif olabilecek ekonomik ürünlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Dünyada çok eskilerden günümüze kadar belli şartlarda bağlayıcılık özelliği gösterdiği bilinen ve puzolan olarak adlandırılan değişik malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. ASTM C 618'e göre puzolanlar, tek başlarına bağlayıcılık özelliği göstermeyen veya çok az gösteren, çok ince öğütüldüklerinde sulu ortamda Ca(OH)_2 ile etkilene girerek bağlayıcılık özelliği gösteren silikalı ve alüminalı malzemeler olarak tanımlanırlar (ASTM, 1994). Puzolanın bileşenindeki aktif amorf silikanın Ca(OH)_2 ile reaksiyona girebilme yeteneği de puzolanik aktivite olarak tanımlanmaktadır (Kılıçkale, 1996).

Puzolanlar elde edilmişlerine göre, doğal ve yapay olmak üzere iki gruba ayrılırlar. En çok bilinen doğal puzolan türleri, volkanik tüf, tras, diyatomit, vermikülit, pişmiş kil ve pomzadır. Yapay puzolanlar ise, çeşitli sanayi artığı malzemelerden veya bazı doğal maddelerin ısı ile maruz bırakılmaları sonucu elde edilen malzemelerden oluşurlar. Uçucu kül, granüle yüksek fırın cürufu,

silis dumanı, piriç kabuğu külü, fırın klinkeri ise en çok bilinen yapay puzolan türleridir (Erçikdi vd., 2008).

Puzolanların yeterli bağlayıcılığı gösterebilmesi için belli özelliklere sahip olması istenir:

-İçerdiği silika ve alümina oranı yeterli ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \geq \% 70$) olmalı,

-Amorf yapıda olmalı,

-Doğal haliyle veya öğütüldüğünde en az çimento kadar ince olmalıdır.

Puzolanlar hem doğrudan çimento üretiminde hem de betonda mineral katkı maddesi olarak kullanılırlar.

Beton üretiminde puzolanların kullanımı, işlenebilirliği artırma, terlemeyi ve segregasyonu azaltma, hidrasyon ısısını düşürme, su geçirgenliğini azaltma, alkali agrega reaksiyonunu azaltma, sülfat hücumlarına karşı dayanıklılığı artırma, nihai basınç dayanımını artırma ve ekonomik sağlama gibi birçok fayda sağlar (Erdoğan, 2007).

Puzolanlar esas bileşen olarak SiO_2 içerirler. Andezitin volkanik kökenli bir kayaç olması ve esas bileşen olarak SiO_2 içermesi nedeniyle kayacın işlenmesi sırasında çıkan ince artık tozların puzolanik özellik gösterebilmesi mümkündür. Bu nedenle, yapılan çalışmada andezit toz artıklarının puzolanik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada andezit artık tozlarının puzolanik özelliklerini belirlemek amacıyla alınan numunelerin $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, reaktif SiO_2 , SO_3 , K_2O , Na_2O , MgO , Cl^- yüzdeleri, özgül yüzey alanları ve aktivite endeks değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bulgular en çok bilinen ve kullanılan tras, uçucu kül gibi puzolanların standartlarda belirlenen değerleri ile kıyaslanmıştır. Bu amaçla andezit artık tozlarının puzolanik özellikleri, TS 25 (TSE, 2008), TS EN 450 (TSE, 2008) ve ASTM C 618-12 (ASTM, 1994) standartlarında belirlenen parametrelere göre irdelenmiştir.

2.1. Andezit Toz Atıkları

Isparta Merkez Yazısöğüt Köyü civarında Isparta Belediyesi iktisadi işletmesi olan ISTEM Ltd. Şti. tarafından işletilen Doğal Taş Fabrikası'nda çoğunlukla Isparta Merkez Direkli Köyü, bazen de Isparta Gönen İlçesi sınırları civarındaki ocaklar-

dan üretilen andezit taşları işlenmektedir.

Andezit blokların kesilmesi ve diğer işlemler sırasında artık tozlar oluşmaktadır. Kesim işlemi su ile yapıldığı için fabrikadan çıkan artıklar sulu artık şeklinde çıkmakta ve artıklar işletme çevresindeki artık havuzlarında toplanmaktadır. Burada açık havada güneş ve hava koşullarının etkisiyle bir miktar suyunu kaybetmektedir. Havuz dibine çöken toz artıklar havuzu doldurduğunda ekskavatör ile kazılarak alınmakta ve açıkta ayrı bir alanda stoklanmaktadır. Tesisin andezit toz artık miktarı yaklaşık 15 ton/gün olarak tahmin edilmektedir. Bu artıklar tesis çevresinde depolandığı için zamanla büyük artık yığınları oluşmaktadır. Tesis açısından bu miktardaki bir artık kütesinin bertaraf edilmesi çok zor olmaktadır. Tesiste atıkların değerlendirilmesi ile ilgili herhangi bir çalışma da yapılmamaktadır. Bu nedenle artıklar gün geçtikçe artmakta ve artık dağları oluşmaktadır. Bu durum çevre açısından ciddi olumsuzluklara neden olmaktadır.

3. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında fabrika artık sahasından alınan andezit toz numuneleri puzolanik aktivite açısından analiz edilmiştir. Artık sahasında alınan numunelerin ilk olarak nem oranı belirlenmiştir. Üzerinde çalışılan numunelerde yaklaşık %12 oranında nem tespit edilmiştir.

Daha sonra andezit toz artıklarının boyut dağılımını belirleyebilmek için elek analizi yapılmıştır. Andezit tozlarının kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de, elek analizi değerleri ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Andezit Toz Artıklarının Kimyasal Analiz Sonuçları

Kimyasal Bileşen	Oranı (%)
SiO_2	56.45
Al_2O_3	18.41
Fe_2O_3	5.61
MgO	1.78
CaO	5.22
Na_2O	3.85
K_2O	5.73
TiO_2	0.52
SO_3	0.16
Kızdırma Kaybı	2.37

Çizelge 3. Andezit Toz Artıklarının Elek Analiz Değerleri

Elek Açıklığı (mm)	Elek Üstünde Kalan (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı (%)	Elekten Geçen (%)
1	0	0	0	100
0.5	57	57	5.77	94.23
0.25	15	72	7.29	92.71
0.15	4	76	7.70	92.30
0.063	99	175	17.73	82.27
<0.063	812	987	100	0

3.1. Andezit Toz Atıklarının Puzolanik Özellikleri

Isparta'da Merkez Direkli Köyü civarında ve Gönen İlçesi'nde olmak üzere iki ayrı sahada andezit yatakları mevcuttur. Her iki andezit türü de TS 25, TS EN 450 ve ASTM C618-12 standartlarına göre puzolanik özellikleri açısından irdelenmiştir. Analizler, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği AR-GE Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Direkli andeziti toz artığının puzolanik özellikleri Çizelge 4'de tras standardına göre, Çizelge 5'de ise uçucu kül standartlarına göre kıyaslamalı olarak verilmektedir. Aynı şekilde Gönen andeziti toz artıklarının puzolanik özellikleri Çizelge 6'da tras standardına

göre, Çizelge 7'de ise uçucu kül standartlarına göre kıyaslamalı olarak verilmektedir.

Çizelge 4. Direkli Andeziti Toz Artıklarının Puzolanik Özelliklerinin Tras Standardına Göre İrdelenmesi

Özellik	Direkli Andeziti Toz Artığı	TS 25 Limit Değer
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (%)	80.16	≤ 70
Reaktif SiO ₂ (%)	23.31	≤ 25
SO ₃ (%)	0.19	≤ 3
K ₂ O (%)	2.90	-
Na ₂ O (%)	4.45	-
MgO (%)	1.62	-
Cl ⁻ (%)	0.0113	-
Kızdırma Kaybı (%)	3.38	-
45 µ elek üstü (%)	48	-
Özgül Ağırlık g/cm ³	2.66	-
Özgül Yüzey cm ² /g	5790	≤ 4000 ± % 25
7 Günlük Basınç Dayanımı MPa	8.5	≥ 4
28 Gün. Aktivite Endeksi (%)	76.5	≥ 75
90 Gün. Aktivite Endeksi (%)	79.3	≥ 85

Çizelge 5. Direkli Andeziti Toz Artıklarının Puzolanik Özelliklerinin Uçucu Kül Standartlarına Göre İrdelenmesi

Özellik	Direkli Andezit	TS EN450	TS EN 197-1		ASTM C618-12	
			F Sınıfı	C sınıfı		
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (%)	80.16	≥ 70	-	-	≥ 70	≥ 50
Reaktif SiO ₂ (%)	23.31	≥ 25	≥ 25	≥ 25	-	-
SO ₃ (%)	0.19	≤ 3.0	-	-	≤ 5.0	≤ 5.0
K ₂ O (%)	2.90	≤ 50[1]	-	-	≤ 1.5 ^[1]	≤ 1.5 ^[1]
Na ₂ O (%)	4.45					
MgO (%)	1.62	≤ 4.0	-	-	-	-
Cl ⁻ (%)	0.0113	≤ 0.1	-	-	-	-
Serbest CaO (%)	0	≤ 2.5	-	-		
Kızdırma Kaybı (%)	3.38	≤ 5 - 9	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 6	≤ 6
45 µ elek üstü (%)	48	≤ 40	-	-	≤ 34	≤ 34
Özgül Ağırlık g/cm ³	2.66	-	-	-	-	-
Özgül Yüzey cm ² /g	5790	-	-	-	-	-
7 Gün. Basınç Dayanımı MPa	8.5	-	-	-	-	-
28 Gün. Aktivite Endeksi (%)	76.5	≥ 75	-	-	≥ 75	≥ 75
90 Gün. Aktivite Endeksi (%)	79.3	≥ 85	-	-	-	-

^[1] Eşdeğer alkali madde içeriği (K₂O + 0.658 Na₂O)

Çizelge 6. Gönen Andeziti Toz Artıklarının Puzolanik Özelliklerinin Tras Standardına Göre İrdelenmesi

Özellik		Gönen Andeziti Toz Artığı	TS 25 Limit Değer
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	(%)	89.78	≥ 70
Reaktif SiO ₂	(%)	11.49	≥ 25
SO ₃	(%)	0.18	≤ 3
K ₂ O	(%)	2.75	-
Na ₂ O	(%)	4.25	-
MgO	(%)	0.19	-
Cl	(%)	0.0043	-
Kızdırma Kaybı	(%)	1.09	-
45 µ elek üstü	(%)	50	-
Özgül Ağırlık	g/cm ³	2.65	-
Özgül Yüzey	cm ² /g	5700	≥ 4000 ± % 25
7 Günlük Basınç Dayanımı	MPa	1.4	≥ 4
28 Günlük Aktivite Endeksi	(%)	71.5	≥ 75
90 Günlük Aktivite Endeksi	(%)	71.6	≥ 85

Çizelge 7. Gönen Andeziti Toz Artıklarının Puzolanik Özelliklerinin Uçucu Kül Standartlarına Göre İrdelenmesi

Özellik		Gönen Andeziti Toz Artığı	TS EN450		
			F Sınıfı	ASTM C618-12	
			C sınıfı		
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	(%)	89.78	≥ 70	≥ 70	≥ 50
Reaktif SiO ₂	(%)	11.49	≥ 25	-	-
SO ₃	(%)	0.18	≤ 3	5	5
K ₂ O	(%)	2.75	-	-	-
Na ₂ O	(%)	4.25	≤ 5	≤ 1.5	≤ 1.5
MgO	(%)	0.19	≤ 4	-	-
Cl	(%)	0.0043	≤ 0,1	-	-
Kızdırma Kaybı	(%)	1.09	≤ 5 - 9	≤ 6	≤ 6
45 µ elek üstü	(%)	50	≤ 40	≤ 34	≤ 34
Özgül Ağırlık	g/cm ³	2.65	-	-	-
Özgül Yüzey	cm ² /g	5700	-	-	-
7 Günlük Basınç Dayanımı	MPa	1.4	-	-	-
28 Günlük Aktivite Endeksi	(%)	71.5	≥ 75	≥ 75	≥ 75
90 Günlük Aktivite Endeksi	(%)	71.6	≥ 85	-	-

4. SONUÇ

Direkli andeziti toz artıklarının puzolanik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan kimyasal, fiziksel ve mekanik analiz sonuçları tras standardına göre irdelendiğinde, $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ oranı, 7 günlük basınç dayanımı ve 28 günlük aktivite endeksi değerlerinin limit değerleri sağladığı görülmektedir. Reaktif silika oranı ve 90 günlük aktivite endeksi değerleri ise limit değerlerin altında olmakla birlikte yakın değerler olduğu söylenebilir. Analiz sonuçları TS EN 450 ve ASTM C 618-12 uçucu kül standartlarına göre irdelendiğinde ise belirtilen tüm özelliklere göre limit değerlere uygun olduğu ve tipik bir uçucu külden aranan özellikleri sağladığı görülmektedir. Direkli andezit toz artıklarının $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ oranının % 70'den yüksek olması nedeniyle ASTM C 618-12 standardına göre, F sınıfı uçucu kül özelliğinde olduğu belirlenmiştir.

Direkli andeziti toz artıklarının tras ve uçucu kül standartlarında puzolanik özellik açısından belirtilen temel parametreleri sağladığı görülmektedir. Bu nedenle çimentoda ve/veya betonda mineral katkı olarak denenmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Aynı şekilde Gönen andeziti toz artığının puzolanik özellikleri, Çizelge 6'da tras standardına göre, Çizelge 7'de ise uçucu kül standartlarına göre kıyaslamalı olarak verilmiştir. Analiz sonuçları TS EN 450 ve ASTM C 618-12 uçucu kül standartlarına göre irdelendiğinde andezit toz artıklarının $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ oranının % 70'den yüksek ancak 7 günlük basınç dayanımı ve 28, 90 günlük aktivite endeksi değerlerinin limit değerleri sağlamadığı görülmektedir. Bu nedenle Gönen andeziti toz artıklarının tras ve uçucu kül standartlarında puzolanik özellik açısından belirtilen temel parametreleri sağlamadığı söylenebilir.

Andezit toz artıklarının puzolanik özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmadan sonra çimento ve/veya betonda mineral katkı olarak kullanımı ile ilgili deneysel araştırmaların yapılması uygun olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ASTM 618-12, 1994. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, Annual Book of ASTM Standards, Pennsylvania, USA.

Ceylan, H., 2000, Mermer Fabrikalarındaki Mermer Toz Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), 53 s., Isparta.

Davraz, M., Gündüz, L., 2006. Isparta-Direkli Köyü Mevkii Trakiandezit Taşının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi, IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 2-4 Aralık İstanbul.

Ercikdi, B., Cihangir, F., Kesimal, A., Devenci, H., Alp, İ., 2008. Doğal Puzolan Özelliklerinin Macun Dolgunun Dayanım ve Duraylılığına Etkisi, Yerbilimleri, 29 (1), s. 25-35.

Erdoğan, S., T., Erdoğan, T., Y., 2007. Puzolanik Mineral Katkılar ve Tarihi Geçmişleri, 2. Yapılarda Kimyasal Katılar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 263-274, Ankara.

ETKB, 2011. Mermer, Türkiye Doğal Taş Üretim Değerleri, Güncelleme, 31.01.2011, Erişim, 23.12.2012. <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=mermer&bn=230&hn=230&nm=390&id=395>

Gencel, O., Özel, C., Köksal, F., Erdoğan, E., Barrera, G. M., Brostow, W., 2012. Properties of Concrete Paving Blocks Made With Waste Marble, Journal of Cleaner Production, 21(2012), s. 62-70.

Karakuş, A., 2011. Investigating on Possible Use of Diyarbakır Basalt Waste in Stone Mastic Asphalt, Construction and Building Materials, 25 (2011), s. 3502-3507.

Kılıçkale, F., M., 1996. Çeşitli Puzolanların Puzolanik Aktivitesi ve Bu Puzolanlarla Üretilen Harçların Dayanımı, İMO Teknik Dergi, Yazı 91, s. 1217-1229.

Sarıışık A., Sarıışık G., Şentürk, A., 2011. Applications of Glaze and Decor on Dimensioned Andesites Used in Construction Sector, Construction and Building Materials, 25 (2011), s. 3694-3702.

TS 25, 2008. Doğal Puzolan (tras)-Çimento ve Betonda Kullanılan-Tarifler, Gereklere ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, 14 s., Ankara.

TS EN 450, 2008. Uçucu Kül- Betonda Kullanılan-Tarif, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, 32 s., Ankara.

Yıldız, Ö., Eskikaya, Ş., 1995., Afyon Mermeri Toz Atıklarının Değerlendirilmesi, Türkiye 1. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 45-52, Afyon.