



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0253

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: April 2011

Accepted: October 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Mücteba Uysal**

Sakarya University

[mucteba@sakarya.edu.tr](mailto:mucteba@sakarya.edu.tr)

Sakarya-Turkey

**ŞAVŞAT TRASININ BETON ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada Şavşat trası (ŞT) ve Yalova trasının (YT) iki farklı çimento ile değişik oranlarda ikameli olarak kullanılmasının beton performansına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla Şavşat ve Yalova trasları değişik ikame oranlarında PÇ42.5 çimentosu ve cüruflu çimento (CÇ) ile iki farklı dozda (300 ve 400 doz) kullanılarak betonlar üretilmiş, bu betonlar üzerinde erken ve ileri yaş basınç dayanım deneyleri ile sülfat direnci deneyleri yapılmıştır. Sülfat direnci deneyleri kapsamında ŞT ve YT ikameli betonlar %10 konsantrasyonlu  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  çözeltilerine 180 gün boyunca maruz bırakılarak 180 gün sonundaki basınç dayanımı ve ağırlık kaybı değişimleri incelenmiştir. Deney sonuçlarına gözönüne alındığında YT'nin basınç dayanımı deneylerinde ŞT'nin ise sülfat direnci deneylerinde beton özellikleri üzerinde daha olumlu etkisinin olduğu ve her iki sülfatlı çözelti içerisinde de cüruflu çimento içeren betonların PÇ42.5 çimentosu içeren betonlara göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, Yalova Trası, Şavşat Trası,  
Basınç Dayanımı, Sülfat Direnci

**THE INVESTIGATION OF THE USE OF SAVSAT TRASS ON THE PRODUCTION OF CONCRETE**

**ABSTRACT**

In this study, it was investigated the effect of the use of natural pozzolans such as Savsat and Yalova trass at specific ratios on the performance of concrete. Yalova and Savsat pozzolans were replaced with CEMI and CEMIII cements at specific ratios in two dosages (300 and 400 dosages) and concretes were produced. Then, it was performed early and ultimate compressive strength tests and sulphate resistance tests on the concretes. In sulphate resistance tests, YT and ST additive concrete were exposed to sodium and magnesium sulphate solutions with 10% concentrations throughout 180 days. After 180 days, it was determined strength and weight loss values. Test results indicated that Yalova trass performed better in compressive strength tests and Savsat trass performed better in sulphate resistance tests. Furthermore, CEMIII cement performed better than CEMI cement in sulphate resistance tests.

**Keywords:** Concrete, Yalova Trass, Savsat Trass,  
Compressive Strength, Sulphate Resistance

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Beton geçmişten günümüze en önemli ve vazgeçilmez yapı malzemesi olma özelliğini korumuştur. Betonun diğer yapı malzemelerine oranla daha çekici kılan unsurların başında bileşenlerinin kolay ve nispeten düşük maliyette temin edilebilir olması gelmektedir [1]. Son yıllarda beton üretiminde maliyetin azaltılması ve beton özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla pek çok araştırmalar yapılmaktadır. Doğada bulunan ve tek başına ekonomik bir değer taşımayan malzemelerin betonda değerlendirilmesi çalışmaları, gerek ekonomik yönden gerekse beton özelliklerinin iyileştirilmesi yönünden yapılan çalışmalardan sadece bir kısmıdır [2]. Ülkemiz doğal puzolan yönünden zengin rezervlere sahiptir. Puzolanların, uygun miktarlarda, bilinçli bir şekilde kullanımı beton ve çimento performansının geliştirilmesinde birçok çevresel, teknik ve ekonomik faydalar sağlamaktadır.

ASTM ye göre puzolanlar, kendi başına bağlayıcılık özelliği olmayan ya da çok az olan (doğal yapıları gereği veya öğütülme sonucu) çok ince taneli olduklarında ya da rutubetli ortamlarda kireç (kalsiyum hidroksit) ile kimyasal reaksiyona girdiklerinde, bağlayıcı özellikteki bileşenlerin oluşmasını sağlayan silisli veya silis alüminli malzemelerdir [3].

Doğal puzolanların çimento ve betonda kullanılmasıyla; kolay işlenebilme, özellikle ileri yaş dayanımında ve dayanıklılıkta artış, hidrasyon ısısında azalma gibi teknik avantajlara ilaveten enerjiden tasarruf edildiği de bilinmektedir. Doğal kaynakların ve çevrenin korunması sağlanmakta, çimento üretim maliyeti azaltılmaktadır. Ayrıca bu şekilde bazı endüstriyel atıklar değerlendirilerek ekonomiye kazandırılmış olmaktadır [4 ve 7]. Doğal puzolanların birkaçını birlikte kullanarak etkileri optimize etmek mümkündür. Özellikle son yıllarda birden fazla bileşenli katkılı çimento üretimine ağırlık verilmektedir [8]. Diğer taraftan traslı çimento maliyetlerinin de daha düşük olduğu bilinmektedir [9].

Doğal puzolanların çimento ve beton üretiminde kullanımına yönelik oldukça çok sayıda çalışma mevcuttur [10 ve 16]. Bu çalışmalardan birisi olarak, Massazza tarafından doğal puzolanların Portlan çimentosu ile değişik ikame oranlarında kullanılmasıyla üretilen betonlar üzerinde erken ve ileri yaş dayanım deneyleri yapılmış ve doğal puzolanların betonun erken yaş dayanımı üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu, ileri yaş dayanımları açısından değerlendirildiğinde ise %30 doğal puzolan katkılı betonlarda bile kontrol betonundan daha yüksek basınç dayanımı değerleri elde edildiği görülmüştür.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada Şavşat trasının beton üretiminde kullanılmasıyla bölgede bol miktarda bulunan rezervlerin ülkemiz ekonomisine kazandırılması arzu edilmektedir. Bu amaçla, Şavşat trası halihazırda çimento üretiminde kullanılmakta olan Yalova trası ile dayanım ve dayanıklılık açısından kıyaslanmasına yönelik olarak PÇ42.5 ve CÇ çimentolarıyla çeşitli oranlarda ikame edilerek kullanılmıştır. Doğal puzolanlar kullanılarak üretilen katkılı çimentoların kütle betonlarda kullanıldığında performans özellikleri yönünden önemli katkılar sağladığı düşünüldüğünde, bu bölgede yapılması planlanan baraj inşaatlarında bu trasın kullanılmasıyla başta hidrasyon ısısını düşürme, bakir durumda bekleyen doğal puzolanların değerlendirilmesiyle ekonomiklik sağlama gibi betonlar üzerinde birçok önemli katkıların sağlanması amaçlanmaktadır. Böylece, ülkemiz açısından önemli bir potansiyel değerlendirilmiş olacaktır.

### 3. DENEYSSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

Deneylerin tümünde Aslan Çimento fabrikasından temin edilen PÇ42.5 (CEMI) çimentosu ile Bolu çimento fabrikasından temin edilen CÇ (CEMIII) çimentosu kullanılmıştır. Agregata olarak Sakarya-Geyve yöresinden tedarik edilen maksimum dane boyutu 16 mm olan kalker agregası, kimyasal katkı olarak da melamin sülfonat esaslı süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan traslardan Şavşat trası Şavşat bölgesinden Yalova trası ise Aslan çimentodan tedarik edilmiştir. Çimentolar ve traslara ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çimento ve trasların kimyasal özellikleri  
(Table 1. Chemical properties of cements and trass)

	Çimento ve Tras Türü			
	PÇ 42.5	CÇ	Şavşat	Yalova
Toplam SiO <sub>2</sub> (%)	20.52	39.76	70.94	61.94
Çözünmeyen Kalıntı (%)	0.65	1.24	90.23	73.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5.14	8.43	15.21	15.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2.95	2.70	3.02	4.51
CaO (%)	63.95	45.58	5.60	7.29
MgO (%)	1.52	-	0.49	0.93
SO <sub>3</sub> (%)	2.94	2.30	0.13	0.06
K <sub>2</sub> O (%)	0.59	0.80	0.75	0.71
Na <sub>2</sub> O (%)	-	-	-	-
Kızdırma Kaybı (%)	1.62	2.00	0.17	4.61
Tayin Edilemeyen (%)	0.77	-	3.69	4.47
S. CaO (%)	0.67	0.53	-	-
Klorür (%)	0.01	-	-	-
Rutubet (%)	-	-	-	-

Tablo 2. Çimento ve trasların fiziksel ve mekanik özellikleri  
(Table 2. Physical and mechanical properties of cements and trass)

	Çimento ve Tras Türü			
	PÇ 42.5	CÇ	Şavşat	Yalova
Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	3.19	3.02	2.68	2.56
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3130	4270	5020	5150
32 µ elek üzeri (%)	21.5	26.0	18.3	35
90 µ elek üzeri (%)	0.9	3.7	0.8	4.8
200 µ elek üzeri (%)	-	0.3	0.2	0.5
Priz Başı (dk)	205	175	-	-
Priz Sonu (dk)	225	225	-	-
Dansite (g/L)	1087	1034	786	826
Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )				
1 Gün	18.2	12.6	-	-
2 Gün	29.6	16.7	-	-
7 Gün	46.8	30.2	-	-
28 Gün	57.7	48.8	-	-

Deneylerde üretilen tüm numunelere katılan akışkanlaştırıcı katkı miktarı, 140-160 mm arasında çökme değerini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Çalışmada toplam 28 seri beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Beton üretimleri, PÇ42.5 çimentosu ile 300 ve 400 dozlu olmak üzere iki farklı dozda ve %10, %20, %30 ve %40 ikame oranlarında ŞT ve YT içeren 18 seri beton, CÇ çimentosu ile 300 ve 400 dozlu olmak üzere farklı iki dozda ve %10 ve %20 ikame oranlarında ŞT ve YT içeren 10 seri beton şeklinde gerçekleştirilmiştir. Beton

serilerinde su/çimento oranı 0.40 olarak sabit tutulmuştur. Katkı miktarları istenen çökme değerini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Beton karışımlarının hazırlanması esnasında öncelikle, agregalar ve çimento kuru olarak karılmış, daha sonra kimyasal katkı su ile karıştırılarak karışıma dahil edilmiştir. Karışımların tamamı  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$  ortam sıcaklığında hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Daha sonra numuneler test uygulanacağı zamana kadar bekletilmek üzere kür havuzunda  $20\pm 2^{\circ}$  kirece doymuş su içerisinde tutulmuştur. Sertleşmiş beton deneyleri olarak 10 cm'lik küp numuneler üzerinde basınç deneyleri yapılmıştır. Basınç dayanımı deneyleri 7. gün, 28. gün, 90. gün ve 180. günlerde olmak üzere 4 farklı yaşta gerçekleştirilmiştir. Her seri için basınç dayanımı deneyleri her yaş grubu için üçer adet numune üzerinde gerçekleştirilmiş ve bu üç numunenin ortalaması alınarak ilgili yaşlardaki basınç dayanımları belirlenmiştir. Sertleşmiş beton deneyleri olarak basınç dayanımı deneylerinde 200 ton kapasiteli basınç presisi kullanılmış olup, yüklemeler  $2,5 \text{ kgf/cm}^2/\text{sn}$ 'lik bir hızla gerçekleştirilmiştir.

Farklı bileşimlerdeki ŞT ve YT katkılı deney numunelerinin sülfat dirençlerini belirlemek amacıyla 10 cm'lik küp numuneler, sülfat etkisi deneyleri için %10  $\text{MgSO}_4$  çözeltisi ve %10  $\text{NaSO}_4$  çözeltisi içerisinde 180 gün boyunca bekletilmiştir. Her seri için 9 adet numune üretilmiş ve bu numunelerin 3 adeti  $\text{MgSO}_4$  çözeltisine, 3 adeti  $\text{NaSO}_4$  çözeltisine maruz bırakılmış, diğer 3 adeti ise normal su içerisinde deney zamanına kadar bekletilmiştir. Deney numuneleri üretim tarihinden itibaren 14. günde sülfat etkisine maruz bırakılmıştır. Numunelerin 180. günde sülfatlı ortamlardan çıkarıldıktan sonra basınç dayanımı ve ağırlık değişimlerine bakılmış ve normal su içerisinde bekletilen numunelerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma neticesinde farklı bileşimlerde üretilen deney numunelerinin sülfatlı ortamlara maruz bırakıldıklarında nasıl bir performans gösterdiği belirlenmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

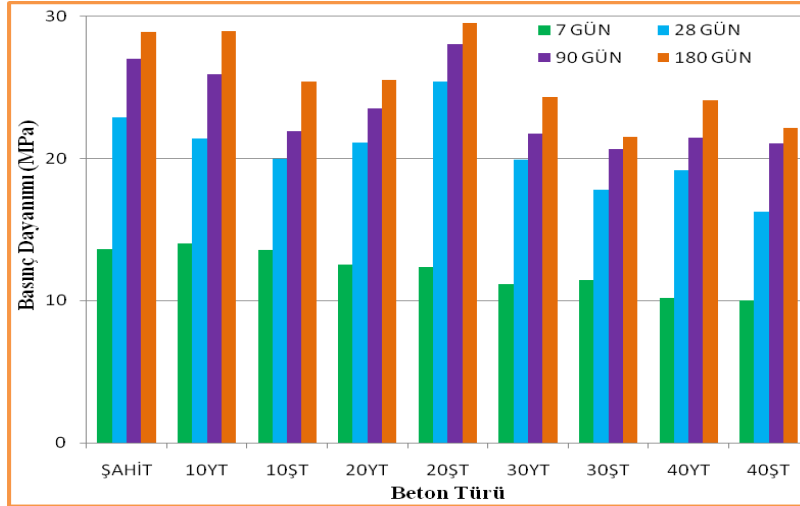
Yalova trası ve Şavşat trası ikameli betonların dört farklı yaş grubundaki basınç dayanımı değerleri ile her doz için 28 günlük şahit numunenin referans kabul edilerek diğer dayanım değerlerine oranlandığı sonuçlar Tablo 3 ve 4'te verilmiştir.

Tablo 3. PÇ42.5 çimentolu betonların farklı yaşlardaki dayanım sonuçları  
(Table 3. Compressive strength test results of CEMI cement concretes)

Çimento Türü	Tras Oranları (%)	7 Gün (MPa)	28 Gün (MPa)	90 Gün (MPa)	180 Gün (MPa)
PÇ 42.5-300 Doz	ŞAHİT	13.62 (0.60)	22.87 (1.00)*	27.00 (1.18)	28.87 (1.26)
PÇ 42.5-300 Doz	10YT	14.02 (0.61)	21.39 (0.94)	25.92 (1.13)	28.94 (1.27)
	10ŞT	13.57 (0.59)	19.99 (0.87)	21.90 (0.96)	25.38 (1.11)
PÇ 42.5-300 Doz	20YT	12.54 (0.55)	21.12 (0.92)	23.50 (1.03)	25.50 (1.11)
	20ŞT	12.37 (0.54)	25.39 (1.11)	28.01 (1.22)	29.50 (1.29)
PÇ 42.5-300 Doz	30YT	11.15 (0.49)	19.88 (0.87)	21.74 (0.95)	24.31 (1.06)
	30ŞT	11.45 (0.50)	17.77 (0.78)	20.64 (0.90)	21.51 (0.94)
PÇ 42.5-300 Doz	40YT	10.17 (0.44)	19.14 (0.84)	21.45 (0.94)	24.09 (1.05)
	40ŞT	10.00 (0.44)	16.26 (0.71)	21.06 (0.92)	22.15 (0.97)
PÇ 42.5-400 Doz	ŞAHİT	27.54 (0.64)	42.78 (1.00)	46.72 (1.09)	51.14 (1.20)
PÇ 42.5-400 Doz	10YT	26.05 (0.61)	40.11 (0.94)	42.61 (0.99)	43.86 (1.03)
	10ŞT	21.34 (0.50)	38.33 (0.90)	38.72 (0.91)	40.04 (0.94)
PÇ 42.5-400 Doz	20YT	20.88 (0.49)	35.25 (0.82)	38.38 (0.90)	42.01 (0.98)
	20ŞT	19.95 (0.47)	33.76 (0.79)	34.36 (0.80)	37.94 (0.89)
PÇ 42.5-400 Doz	30YT	16.26 (0.38)	26.43 (0.62)	31.03 (0.73)	34.15 (0.80)
	30ŞT	18.11 (0.42)	31.99 (0.75)	34.90 (0.82)	36.99 (0.86)
PÇ 42.5-400 Doz	40YT	11.73 (0.27)	22.69 (0.53)	24.64 (0.58)	26.37 (0.62)
	40ŞT	13.02 (0.30)	16.76 (0.39)	22.49 (0.53)	24.07 (0.56)

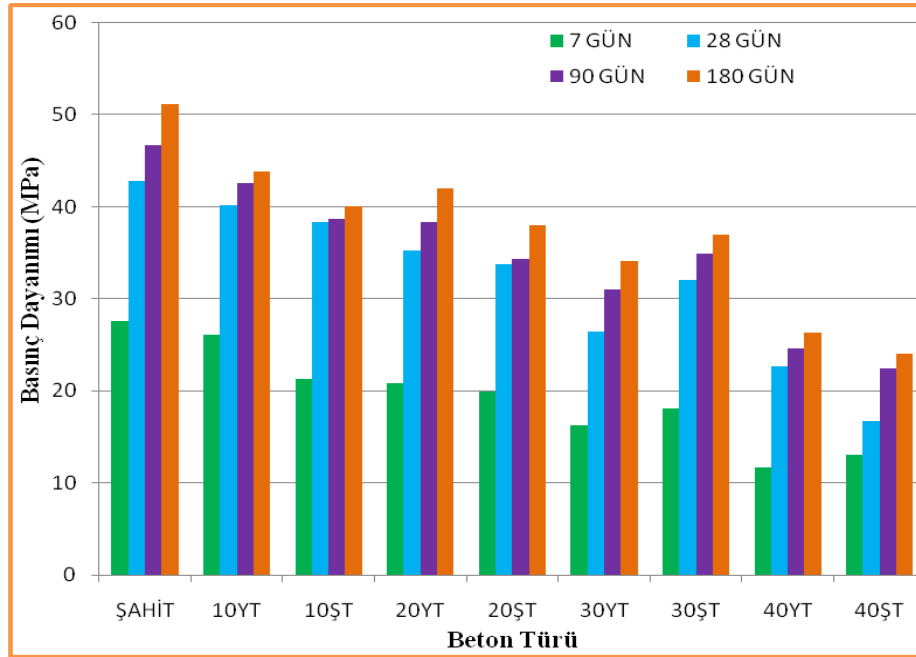
\*Her doz için şahit numune referans alınmıştır.

PÇ 42,5 çimentosunun 300 ve 400 dozda Yalova ve Şavşat trasıyla ikameli olarak kullanılmasıyla elde edilen betonların basınç dayanımlarına bakıldığında, Şekil 1 ve 2'den de görüleceği üzere, her iki trasın da çimento ile ikame oranı arttıkça basınç dayanımı değerlerinin düştüğü görülmüştür. Ancak %20 ŞT ikameli beton 28, 90 ve 180 günlük dayanım değerleri olarak şahit betona göre daha iyi bir performans göstermiştir. ŞT20 betonu 28. günde şahit betona göre %11, 90. günde %3.61 ve 180. günde ise %2.14 daha yüksek basınç dayanımı değeri vermiştir. 300 dozlu betonlar beklediği üzere 400 dozlu betonlara göre daha yüksek basınç dayanımı değerleri vermiştir. PÇ42.5 çimentosu kullanılarak üretilen betonlar 7. günde 10 MPa ile 27.54 MPa arasında basınç dayanımı değerleri vermiş iken bu durum 28. günde 16.26 MPa ile 42.78 MPa arasında elde edilmiş, 90. günde 20.64 MPa ile 46.72 MPa arasında elde edilen dayanım değerlerinin 180. günde 21.51 MPa ile 51.14 MPa arasında olduğu görülmüştür.



Şekil 1. 300 dozda PÇ 42.5 çimentolu ve tras ilaveli betonların dayanım sonuçları

(Figure 1. Compressive strength test results of trass additive concretes for CEMI cement and 300 dosage)



Şekil 2. 400 dozda PÇ 42.5 çimentolu ve tras ilaveli betonların dayanım sonuçları

(Figure 2. Compressive strength test results of trass additive concretes for CEMI cement and 400 dosage)

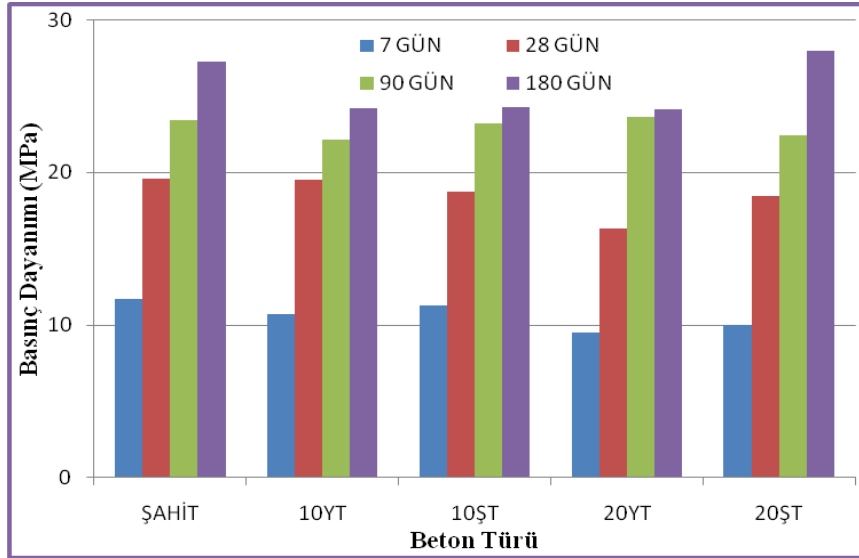
Tablo 4. CÇ çimentolu betonların farklı yaşlardaki dayanım sonuçları  
(Table 4. Compressive strength test results of CEMIII cement  
concretes)

Çimento Türü	Tras Oranları (%)	7 Gün (MPa)	28 Gün (MPa)	90 Gün (MPa)	180 Gün (MPa)
CÇ-300 Doz	ŞAHİT	11.70 (0.60)	19.61 (1.00) *	23.45 (1.20)	27.27 (1.39)
CÇ-300 Doz	10YT	10.74 (0.55)	19.49 (0.99)	22.18 (1.13)	24.24 (1.24)
	10ŞT	11.31 (0.58)	18.75 (0.95)	23.23 (1.18)	24.31 (1.24)
CÇ-300 Doz	20YT	9.50 (0.48)	16.30 (0.83)	23.66 (1.21)	24.17 (1.23)
	20ŞT	10.02 (0.51)	18.44 (0.94)	22.45 (1.14)	27.99 (1.42)
CÇ-400 Doz	ŞAHİT	22.86 (0.77)	29.81 (1.00)	39.76 (1.33)	44.08 (1.48)
CÇ-400 Doz	10YT	18.92 (0.63)	28.98 (0.97)	34.08 (1.14)	39.51 (1.33)
	10ŞT	17.27 (0.58)	30.23 (1.01)	39.75 (1.33)	44.92 (1.49)
CÇ-400 Doz	20YT	13.52 (0.45)	25.58 (0.86)	28.72 (0.96)	31.85 (1.07)
	20ŞT	14.57 (0.49)	29.03 (0.97)	31.81 (1.07)	35.39 (1.19)

\*Her doz için şahit numune referans alınmıştır.

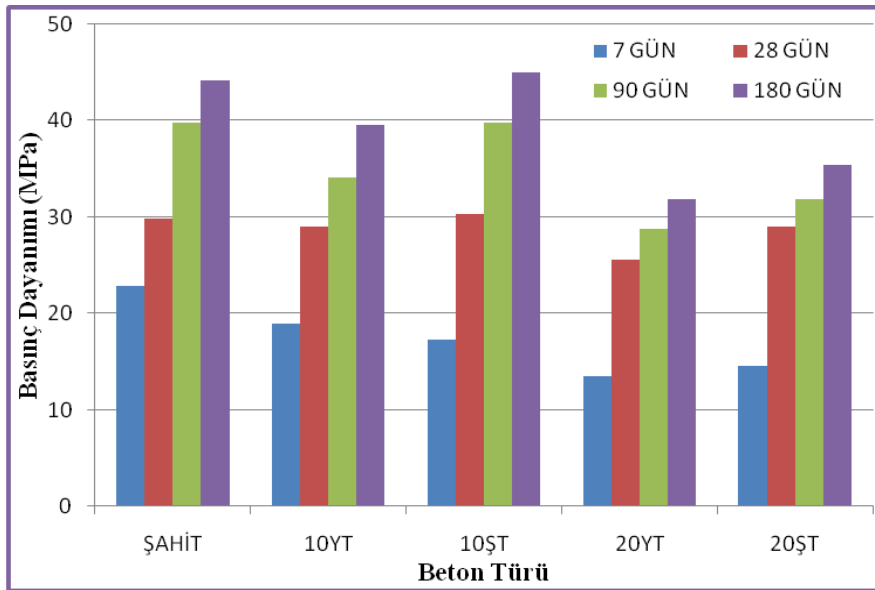
Şekil 3 ve 4'te cürüflü çimentonun 300 ve 400 dozda YT ve ŞT ile %10 ve %20 ikame oranlarında kullanılmasıyla üretilen betonların dört farklı yaş grubundaki dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. 7 ve 28 günlük dayanım değerleri kıyaslandığında 300 dozda şahit beton en yüksek dayanım değerlerini vermiştir. 300 dozda 90 günlük dayanım değerleri arasında en yüksek basınç dayanım değeri 20YT betonundan (23.66 MPa) elde edilmiştir. Bu değer şahit betona kıyasla %1 daha fazladır. 300 dozda 180 günlük dayanım sonuçlarına göre 20ŞT betonundan en yüksek basınç dayanımı değeri elde edilmiştir. 400 dozda ise 7 günlük dayanım sonuçlarına göre şahit beton, 28 günlük dayanım sonuçlarına göre 10ŞT betonu, 90 günlük dayanım sonuçlarına göre şahit beton ve 180 günlük dayanım sonuçlarına göre ise 10ŞT betonu basınç dayanımı olarak en iyi performansı göstermiştir.

PÇ42.5 ve CÇ çimentolarına Yalova ve Şavşat trası ikame edilerek üretilen betonlar içerisinde Şavşat trası cürüflü çimentoda, Yalova trası ise PÇ42.5 çimentosunda daha iyi performans göstermiştir.



Şekil 3. 300 dozda cürüflü çimentolu ve tras ilaveli betonların dayanım sonuçları

(Figure 3. Compressive strength test results of trass additive concretes for CEMIII cement and 300 dosage)



Şekil 4. 400 dozda cürüflü çimentolu ve tras ilaveli betonların dayanım değerlerinin karşılaştırılması

(Figure 4. Compressive strength test results of trass additive concretes for CEMIII cement and 400 dosage)

YT ile ŞT katkıli betonların %10  $MgSO_4$  ve %10  $NaSO_4$  çözeltileri içerisinde 180 gün bekletilmesi sonucunda meydana gelen ağırlık ve basınç dayanımı değişimlerinin, aynı süre zarfında normal suda kür edilen numunelere göre karşılaştırıldığı deney sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Şekil 5 ve 6'dan da görüldüğü üzere, PÇ42.5 çimentolu betonlarda her iki trasın çimento ile ikame oranları arttıkça  $MgSO_4$  ve  $NaSO_4$  çözeltileri içerisinde meydana gelen dayanım kayıpları da artmaktadır. Ancak 10YT, 10ŞT ve 20YT betonları şahit betona göre her iki sülfatlı çözeltilerde de daha iyi performans göstermiştir. 300 dozlu ve PÇ42.5 çimentolu betonlarda  $MgSO_4$  çözeltisi içerisinde 180 gün sonunda meydana gelen dayanım kayıpları %9.77 - %19.54 aralığında



elde edilmiştir. 400 dozlu betonlarda ise dayanım kayıpları %6.43 - %15.20 aralığındadır. NaSO<sub>4</sub> çözeltilisi içerisinde bekletilen numunelerde 180 gün sonunda meydana gelen dayanım kayıpları 300 dozlu betonlar için %8.17 - %17.51 aralığında elde edilmiş iken, 400 dozlu betonlarda ise dayanım kayıplarının %4.93 - %13.70 aralığında olduğu görülmüştür.

300 ve 400 dozlu ve CÇ çimentolu betonlarda MgSO<sub>4</sub> çözeltilisi içerisinde 180 gün sonunda meydana gelen dayanım kayıpları %4.16 - %8.19 aralığında elde edilmiştir. NaSO<sub>4</sub> çözeltilisi içerisinde bekletilen numunelerde 180 gün sonunda meydana gelen dayanım kayıplarının %3.05 - %7.03 aralığında olduğu görülmüştür. Her iki trasın CÇ çimentosu ile ikame oranları arttıkça meydana gelen dayanım kayıplarının azaldığı görülmüştür. Ayrıca sülfat deneyleri sonucunda CÇ çimentosunun PÇ42.5 çimentosuna göre sülfatlı ortamlarda daha iyi performans gösterdiği, çimento dozajı artışının betonlarda sülfat direncini artırmada önemli rol oynadığı ve MgSO<sub>4</sub> çözeltilisinin NaSO<sub>4</sub> çözeltilisine göre betonlarda daha yıkıcı etki meydana getirdiği anlaşılmaktadır. MgSO<sub>4</sub> ve NaSO<sub>4</sub> çözeltililerine 180 gün boyunca maruz bırakılan betonlarda meydana gelen ağırlık kayıplarının her iki çimento türünde ve dozajında da artan tras ikame oranlarıyla birlikte düşüş gösterdiği anlaşılmıştır. Bazı numunelerde beklenenin aksine ağırlık artışları meydana gelmiştir. Bu durum, kimyasal rötre nedeniyle beton bünyesinden kaybolan suyun beton tarafından emilerek karşılanması nedeniyle meydana gelen ağırlık artışına bağlanabilir [17].

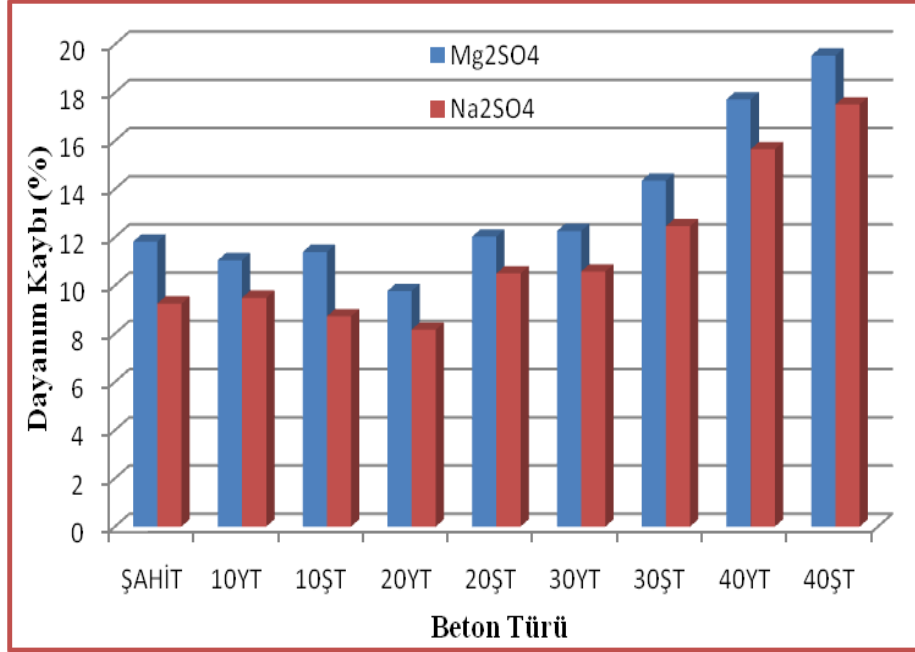
Yalova ve Şavşat trasları ikame edilerek üretilen betonların PÇ42.5 çimentosunda %20 ikame oranına kadar ve cürüflü çimento ile her durumda sülfat direncini artırmalarının nedenlerinden birisi; cürüflü çimento içerisinde yer alan cürufun ve puzolanik katkılardan biri olarak trasların çimento ile ikame edilmeleri neticesinde, betonun bünyesinde çimentonun azalması nedeniyle, daha az C<sub>3</sub>A meydana getirmeleri gösterilebilir. Daha sonra, mineral katkıların puzolanik özellikte olmaları sebebiyle çimentonun bünyesinde bulunan serbest kireci bağlayarak ve böylece C-S-H jellerini artırarak, betonun bünyesindeki boşlukları azaltması ve daha geçirimsiz bir beton meydana getirmesi sülfat direncinin artmasına olumlu katkı sağlamaktadır. Ayrıca, puzolanik reaksiyon neticesinde oluşan ikincil C-S-H jelleri, ilk oluşan C-S-H jellerine göre daha az sıkılıkta olmasına rağmen betonun bünyesinde bulunan kapiler ve sürekli boşlukları daha iyi doldurmada etkin rol oynamaktadır. Böylece betonun permeabilitesi azalmakta ve zararlı iyonlar betonun bünyesine daha az dahil olabilmektedir. Bunlarla birlikte Yalova ve Şavşat trasları betonda filler etkisi meydana getirerek de betonun bünyesindeki boşlukları doldurarak sülfat direncini artırabilmektedir [17].

Tablo 5.  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  çözeltisindeki betonlarda meydana gelen ağırlık ve dayanım kayıpları  
(Table 5. Strength and weight loss of concretes exposed to  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  environment)

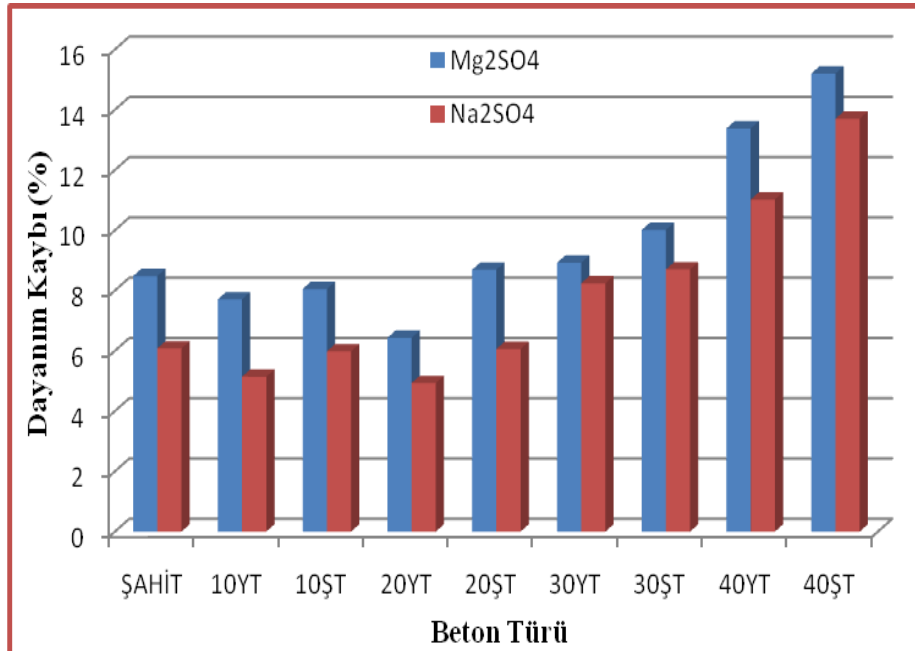
Çimento Türü	Tras Oranları (%)	$MgSO_4$		$Na_2SO_4$	
		Ağırlık Kaybı (%)	Dayanım Kaybı (%)	Ağırlık Kaybı (%)	Dayanım Kaybı (%)
PÇ 42.5-300 Doz	-	1.80	11.82	1.60	9.25
PÇ 42.5-300 Doz	10YT	1.46	11.05	1.25	9.49
	10ŞT	1.34	11.39	1.16	8.72
PÇ 42.5-300 Doz	20YT	1.33	9.77	1.21	8.17
	20ŞT	1.29	12.03	1.67	10.50
PÇ 42.5-300 Doz	30YT	0.08	12.26	1.21	10.58
	30ŞT	0.79	14.35	0.71	12.46
PÇ 42.5-300 Doz	40YT	-0.44	17.72	1.20	15.65
	40ŞT	0.70	19.54	1.04	17.51
PÇ 42.5-400 Doz	-	0.95	8.48	0.81	6.08
PÇ 42.5-400 Doz	10YT	0.85	7.71	0.45	5.14
	10ŞT	-0.08	8.05	0.42	5.98
PÇ 42.5-400 Doz	20YT	-0.04	6.43	0.59	4.93
	20ŞT	0.40	8.69	0.50	6.06
PÇ 42.5-400 Doz	30YT	0.59	8.92	0.42	8.24
	30ŞT	-0.08	10.01	0.48	8.70
PÇ 42.5-400 Doz	40YT	0.17	13.38	0.13	11.02
	40ŞT	0.69	15.20	0.25	13.70
CÇ-300 Doz	-	0.21	8.19	0.04	7.03
CÇ-300 Doz	10YT	0.68	7.47	0.12	5.86
	10ŞT	0.81	8.06	0.25	6.47
CÇ-300 Doz	20YT	0.35	6.97	0.17	5.00
	20ŞT	0.52	7.02	0.17	5.64
CÇ-400 Doz	-	-0.08	6.08	-0.04	5.79
CÇ-400 Doz	10YT	-0.04	5.34	0.06	4.09
	10ŞT	-0.05	5.54	0.11	4.58
CÇ-400 Doz	20YT	0.08	5.05	0.02	3.42
	20ŞT	0.21	4.16	0.04	3.05

Numunelerin  $NaSO_4$  çözeltisine maruz kalmaları durumunda meydana gelen dayanım kaybının nedeni olarak,  $NaSO_4$ 'ın çimentonun bünyesinde bulunan  $Ca(OH)_2$  ve  $C_3A$  ile yaptığı reaksiyon neticesinde meydana gelen Candlot tuzu veya etrenjit adı verilen hidrate tuz formatının reaksiyon ürünleri olarak betonda genleşme meydana getirmesi ve bu genleşmenin betonda çatlaklara ve dağılmalara yol açarak agrega-çimento aderansının etkilenmesiyle betonun dayanımını düşürmesi gösterilebilir. Diğer taraftan, Magnezyum sülfat ( $MgSO_4$ ) da çimentonun bünyesinde bulunan  $Ca(OH)_2$  ve  $C_3A$ 'nın yanı sıra kalsiyum silikat hidratelere de saldırarak magnezyum hidroksitin meydana gelmesine neden olmaktadır. Reaksiyon sonucu oluşan magnezyum hidroksit ( $Mg(OH)_2$ -brüsit), çimento hamurunun taşıyıcı iskeleti olan C-S-H yapısını bozmakta ve betonun dayanımı azalmaktadır [17]. Numunelerin  $MgSO_4$  çözeltisine maruz kalmaları durumunda meydana gelen zararlı etkinin  $NaSO_4$  çözeltisine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumludur [18].  $MgSO_4$ 'ün zararlı

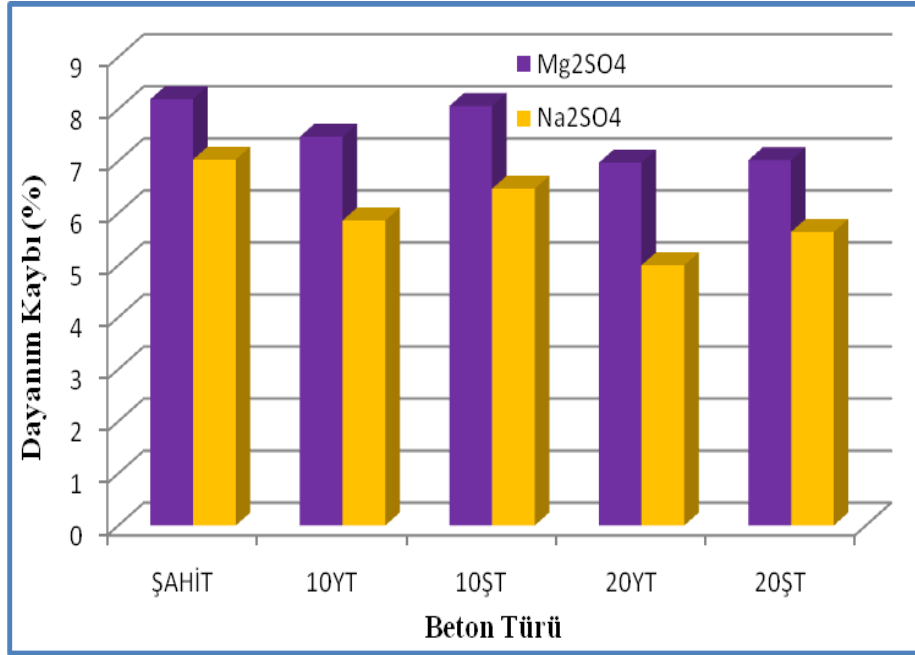
etkilerinin daha fazla olmasının nedeni olarak magnezyum sülfatın çimento hamurunun bağlayıcılığını sağlayan C-S-H jellerini,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve hidrate olmuş  $\text{C}_3\text{A}$ 'ya ayrıştırmasıdır. Bunun sonucunda magnezyum silikat oluşmakta ve bu bileşik bağlayıcılık özelliğine sahip bulunmamaktadır [19].



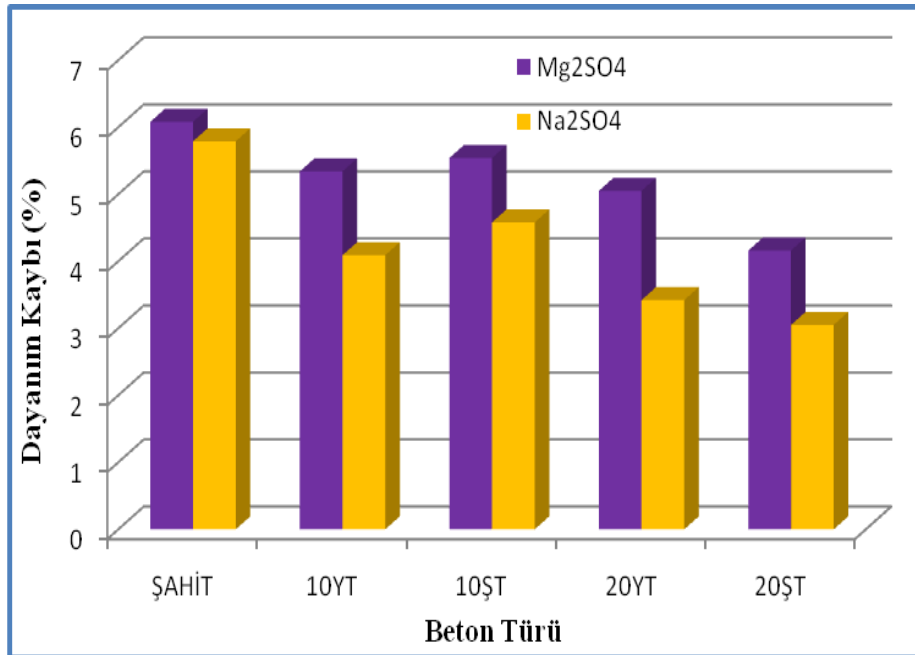
Şekil 5. 300 dozda PÇ 42.5 çimentosu ile üretilen betonlarda  $\text{MgSO}_4$  ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltileri içerisinde meydana gelen dayanım kayıpları  
(Figure 5. Strength loss of CEMI cement concretes for 300 dosage exposed to  $\text{MgSO}_4$  ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  environment)



Şekil 6. 400 dozda PÇ 42.5 çimentosu ile üretilen betonlarda  $\text{MgSO}_4$  ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltileri içerisinde meydana gelen dayanım kayıpları  
(Figure 6. Strength loss of CEMI cement concretes for 400 dosage exposed to  $\text{MgSO}_4$  ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  environment)



Şekil 7. 300 dozda ÇÇ çimentosu ile üretilen betonlarda  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  çözeltileri içerisinde meydana gelen dayanım kayıpları  
(Figure 7. Strength loss of CEM III cement concretes for 300 dosage exposed to  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  environment)



Şekil 8. 400 dozda ÇÇ çimentosu ile üretilen betonlarda  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  çözeltileri içerisinde meydana gelen dayanım kayıpları  
(Figure 8. Strength loss of CEM III cement concretes for 400 dosage exposed to  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  environment)

##### 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Basınç dayanımı sonuçlarına göre her iki trasın PÇ42.5 ve ÇÇ çimentoları ile ikame oranı arttıkça çimentolardaki klinker

miktarının azalmasına bağlı olarak basınç dayanım değerlerinin genel olarak azaldığı görülmüştür. Ancak PÇ42.5 çimentolu 20ŞT betonu 28., 90. ve 180. günlerde şahit betona göre daha iyi bir performans göstererek, şahit betona göre 28. günde %11, 90. günde %3.61 ve 180. günde ise %2.14 daha yüksek basınç dayanımı değerleri vermiştir.

- Sülfat deneyleri sonucunda CÇ çimentosunun PÇ42.5 çimentosuna göre sülfatlı ortamlarda daha iyi performans gösterdiği, çimento dozajı artışının betonlarda sülfat direncini artırmada önemli rol oynadığı ve  $MgSO_4$  çözeltilisinin  $NaSO_4$  çözeltilisine göre betonlarda daha yıkıcı etki meydana getirdiği anlaşılmaktadır.  $MgSO_4$  ve  $NaSO_4$  çözeltilerine 180 gün boyunca maruz bırakılan betonlarda meydana gelen ağırlık kayıplarının her iki çimento türünde ve dozajında da artan tras ikame oranlarıyla birlikte düşüş gösterdiği anlaşılmıştır. Bazı numunelerde beklenen aksine ağırlık artışları meydana gelmiştir. Bu durum, kimyasal rötre nedeniyle beton bünyesinden kaybolan suyun beton tarafından emilerek karşılanması nedeniyle meydana gelen ağırlık artışına bağlanabilir.
- Tüm deney sonuçları göz önüne alındığında Yalova trasının sülfat direnci deneylerinde, Şavşat trasının ise basınç dayanımı deneylerinde en iyi gösterdiği bu çalışma sonucunda ortaya konmaktadır.

#### **NOT (NOTICE)**

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Erdođdu, Ş. ve Karataş, E., (2003). Sülfat İyonu Konsantrasyonu Düşük Ortamlara Maruz Betonun Durabilitesinin Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi. V. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, ss: 555-565.
2. Pekmezci, B.Y., (2000). Uzuntarla Trasının Betonun Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkinliği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
3. ASTM C 618-78, (1978). Specifications for Fly Ash and Calclined Natural Pozzolan for Use as Mineral Admixture in Portland Cement Concrete. Annual Book of ASTM Standarts.
4. Shannag, M.J., (2000). High Strength Concrete Containing Natural Pozzolan and Silica Fume. Cem. Concr. Composites, Volume:22, pp:399- 406.
5. Shannag, M.J. and Yeginobali, A., (1995). Properties of Pastes, Mortars and Concretes Containing Natural Pozzolan. Cem. Concr. Research, Volume:25, pp:647-657.
6. Lea, M., (1974). The Chemistry of Cement and Concrete. 3rd ed., Edward Arnold, London.
7. Shi, C. and Day, R.L., (2001). Comparison of Different Methods for Enhancing Reactivity of Pozzolans. Cem. Concr. Research, Volume:31, pp:813-818.
8. Canpolat, F., (2002). Çimento Performansının Geliştirilmesinde Doğal Zeolitin Endüstriyel Atıklarla Birlikte Çimento Üretiminde Kullanılması. Doktora Tezi. Sakarya: SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
9. Kaplan, H. ve Binici, H., (2003). Tras ve Traslı Çimentolar. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Bildiri.

10. Davraz, M. and Gunduz, L., (2005). Engineering Properties of Amorphous Silica as a New Natural Pozzolan for Use in Concrete. *Cement and Concrete Research*, Volume:35, pp:1251-1261.
11. Moulia, M. and Khelafi, H., (2008). Performance Characteristics of Lightweight Aggregate Concrete Containing Natural Pozzolan. *Building and Environment*, Volume:43, pp:31-36.
12. Nili, M. and Salehi, A.M., (2010). Assessing the Effectiveness of Pozzolans in Massive High-Strength Concrete. *Construction and Building Materials*, Volume:24, pp:2108-2116.
13. Pekmezci, B.Y. and Akyuz, S., (2004). Optimum Usage of a Natural Pozzolan for the Maximum Compressive Strength of Concrete. *Cement and Concrete Research*, Volume:34, pp:2175-2179.
14. Turanli, L., Uzal, B., and Bektas, F., (2004). Effect of Material Characteristics on the Properties of Blended Cements Containing High Volumes of Natural Pozzolans. *Cement and Concrete Research*, Volume:34, pp:2277-2282.
15. Yetkin, Ş. ve Çavdar, A., (2005). Doğal Puzolan Katkı Oranının Çimentonun Dayanım, İşlenebilirlik, Katılaşma ve Hacim Genleşmesi Özelliklerine Etkisi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, Sayı:17, Cilt:4, ss:687-692.
16. Artırma, Ş., Özkul, M.H. ve Akalın, Ö., (1996). Doğal Puzolanların Sodyum Sülfat Dayanıklılığına Etkisi, 4. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul.
17. Baradan, B., Yazıcı, H. ve Ün, H., (2002). Betonarme yapılarda kalıcılık. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları.
18. Neville, A.M., (1995). *Properties of Concrete*, Longman, Essex.
19. Yeginobali, A. and Al-hadrami, A., (1987). Sulfate Resistance of Jordanian Cements. In: *Symposium on Low Cost Housing for Developing Countries*. Bangkok, Thailand, pp:141-149.